OPTIMALISASI PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT UNTUK PEMINDAHAN BATUBARA PADA OPERASI PENANGANAN BATUBARA 4 SATKER PENBARA BLOK TIMUR DI PT. BUKIT ASAM TBK, KABUPATEN MUARA ENIM, SUMATERA SELATAN

SKRIPSI

Oleh :

SUPER ANDI

112130056

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA
2019

OPTIMALISASI PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT UNTUK PEMINDAHAN BATUBARA PADA OPERASI PENANGANAN BATUBARA 4 SATKER PENBARA BLOK TIMUR DI PT. BUKIT ASAM TBK, KABUPATEN MUARA ENIM, SUMATERA SELATAN

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Oleh

SUPER ANDI
112130056

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA

2019

OPTIMALISASI PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT UNTUK PEMINDAHAN BATUBARA PADA OPERASI PENANGANAN BATUBARA 4 SATKER PENBARA BLOK TIMUR DI PT. BUKIT ASAM TBK, KABUPATEN MUARA ENIM, SUMATERA SELATAN

Oleh

SUPER ANDI
112130056

Foto

4 x 6

Disetujui untuk

Program Studi Teknik Pertambangan

Jurusan Teknik Pertambangan

Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Tanggal : .....

Pembimbing I,	**Pembimbing II,**
(Ir. Hasywir Thaib Siri, Msc.)	**(Dr.Ir. S. Koesnaryo, Msc.IPM.)**

Skripsi ini saya persembahkan kepada orangtua terkhusus

almarhum ayah saya dan segenap keluarga

serta sahabat-sahabat saya.

Terima kasih untuk setiap doa dan dukungan kalian

RINGKASAN

PT Bukit Asam Tbk. (PTBA) adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) Indonesia yang bergerak dalam penambangan batu bara yang berlokasi di Sumatera Selatan. Kegiatan penambangan di PT Bukit Asam Tbk terdiri dari kegiatan pembongkaran batubara, pemuatan batubara ke alat angkut, serta pengangkutan batubara menuju *Train Loading Station/* TLS. Untuk mewujudkan kegiatan yang baik pada tahapan penambangan diperlukan kombinasi alat muat dan alat angkut yang sesuai.

Penelitian ini dilakukan di Operasi Penanganan Batubara 4/OPB 4 Satker Penbara Blok Timur. Analisis peralatan dilakukan pada kombinasi alat mekanis yang digunakan saat penilitian yaitu *excavator* Volvo EC480DL sebagai alat muat dan *dump truck* CWE QUESTER 2864R sebagai alat angkut. Target pemindahan dari *temporary stockpile 3B* menuju *Train Loading Station 4* yang ditetapkan oleh perusahaan Tbk sebesar 300.000 ton/bulan. Pencapaian pemindahan aktual yang dapat dihasilkan sebesar 142.200 ton/bulan untuk alat angkut dan 286.016 ton/bulan untuk alat muat. Hal ini disebabkan karena rendahnya nilai keserasian kerja kombinasi alat muat dan alat angkut saat ini, serta faktor-faktor lainnya.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis produksi alat muat dan alat angkut, mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan tidak tercapainya produksi alat muat dan alat angkut, serta memberikan upaya perbaikan agar target pemindahan batubara dapat tercapai.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menganalisis efisiensi kerja alat muat dan alat angkut, menghitung *match factor*, serta menghitung produksi yang dapat dicapai oleh alat muat dan alat angkut.

Upaya yang dilakukan agar target pemindahan batubara dapat tercapai yaitu dengan menambahkan 9 unit alat angkut berupa *dump truck* CWE QUESTER 2864R serta perbaikan di faktor-faktor yang menyebabkan tidak tercapainya target pemidahan. Setelah dilakukan perbaikan kemampuan pemindahan batubara meningkat dari 142.200 menjadi 309.000 ton/bulan untuk alat angkut dan dari 286.016 menjadi 321.470 ton/bulan untuk alat muat.

ABSTRACT

PT Bukit Asam Tbk. (PTBA) is State-Owned Enterprise (BUMN) engaged in coal mining located in South Sumatra. Mining activities at PT Bukit Asam Tbk consist of coal demolition activities, coal loading to transport equipment, and coal transportation to Train Loading Station / TLS. To realize activities that are good at the mining stage, a combination of loading equipment and transportation equipment is needed.

This research was carried out in Operasi Penanganan Batubara 4 / OPB 4 Satker Penbara Blok Timur. Equipment analysis was carried out on a combination of mechanical devices used when researching Volvo EC480DL excavators as CWE QUESTER 2864R loading trucks and dump trucks. The target of moving from the 3B temporary stockpile to Train Loading Station 4 is set by the Tbk company at 300,000 tons / month. Achievement of actual displacement that can be produced is 142,200 tons / month for haulers and 286,016 tons / month for loading equipment. This is due to the low work harmony value of the current combination of loading and hauling equipment, as well as other factors.

This study aims to analyze the production of loading equipment and transportation equipment, identify the factors that cause the achievement of unloading equipment and transportation equipment, and provide improvement efforts so that the target of coal removal can be achieved.

The method used in this study is to analyze the work efficiency of loading equipment and transport equipment, calculate match factors, and calculate the production that can be achieved by loading and hauling equipment.

Efforts are being made so that the target of coal transfer can be achieved, namely by adding 9 units of transportation equipment in the form of CWE QUESTER 2864R dump trucks and repairs to the factors that cause the target to not be reached. After repairs to the ability to transfer coal increased from 142,200 to 309,000 tons / month for transportation equipment and from 286,016 to 321,470 tons / month for loading equipment.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi dengan judul ”**Optimalisasi Produksi Alat Muat dan Alat Angkut Untuk Pemindahan Batubara Pada Operasi Penanganan Batubara 4 Satker Penbara Blok Timur Di PT Bukit Asam Tbk, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan**”. Penelitian dilaksanakan tanggal 17 September 2018 hingga 22 Oktober 2018.

Skripsi ini disusun sebagai satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Mohamad Irhas Effendi, M.S.,Rektor UPN “Veteran” Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Suharsono, MT., Dekan Fakultas Teknologi Mineral.
3. Bapak Dr. Edy Nursanto, ST, MT., Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
4. Bapak Ir. Hasywir Thaib Siri, M.Sc., Sekertaris Jurusan Program Studi Teknik Pertambangan dan juga Pembimbing I
5. Ibu Ir. Wawong Dwi R., MT., Koordinator Program Studi Teknik Pertambangan.
6. Bapak Dr. Ir. S. Koesnaryo, M.Sc.IPM., selaku Pembimbing II.
7. Bapak Ir. Kresno, Msc.MM, selaku Pembahas I.
8. Bapak Ir. Anton Sudiyanto, MT, selaku Pembahas II.
9. Bapak Julius P. Hutasoit, selaku Pembimbing Lapangan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan umumnya khususnya dibidang.

Yogyakarta, Juli 2019

Penulis,

(Super Andi)

DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN v

ABSTRACT vi

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI viii

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR LAMPIRAN xii

BAB

I. PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan Penelitian 2
1.4. Batasan Masalah 2
1.5. Metode Penelitian 2
1.6. Manfaat Penelitian 3

II. TINJAUAN UMUM 4

2.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah 4
2.2. Ruang Lingkup dan Proses Produksi Perusahaan 6
2.3. Wilayah Izin Usaha Pertambangan 6
2.4. Keadaan Geologi 7
2.5. Iklim dan Curah Hujan 11
2.6. Cadangan, Kualitas, dan Sumberdaya Batubara 12
2.7. Kegiatan Penambangan 15

III. DASAR TEORI 17

3.1. Faktor Pengembangan Material 17
3.2. Faktor Isian Mangkuk *(Bucket Fill Factor)* 17
3.3. Pola Pemuatan 18
3.4. Geometri Jalan Angkut 20
3.5. Waktu Edar *(Cycle Time)* 25
3.6. Efisiensi Kerja 26
3.7. Produksi Alat Muat dan Alat Angkut 26
3.8. Faktor Keserasian Kerja 27

IV. HASIL PENELITIAN 29

4.1 Keadaan Umum Lokasi 29
4.2 Sifat Fisik Material 32
4.3 Waktu Edar 33
4.4 Waktu Kerja Efektif 34
4.5 Efisiensi Kerja 37
4.6 Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut 38
4.7 Keserasian Kerja *(Match Factor)* 40

V. PEMBAHASAN 41

5.1 Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut 41
5.2 Analisis Faktor Penyebab Belum tercapainya Target Produksi 42

VI. KESIMPULAN DAN SARAN 49

6.1 Kesimpulan 49
6.2 Saran 50

DAFTAR PUSTAKA 51

LAMPIRAN 52

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1 Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah PT. Bukit Asam, Tbk..... 5
2.2 Litologi Daerah Tambang Banko Barat 9
2.3 Struktur Geologi Daerah Tanjung Enim 10
2.4 Grafik Curah Hujan Tahunan Tahun 2008-2018 11
3.1 Pemuatan Berdasarkan Posisi Alat-Gali Muat Terhadap Alat Angkut..... 18
3.2 Pola Pemuatan Berdasarkan Jumlah Penempatan Alat Angkut 19
3.3 Pola Pemuatan Berdasarkan Cara Manuvernya 20
3.4 Lebar Jalan Angkut Untuk Dua Jalur Pada Jalan Lurus 21
3.5 Lebar Jalan Angkut Untuk Dua Jalur Pada Tikungan..... 22
3.6 Gaya Sentrifurgal pada Tikungan 23
3.7 Kemiringan Jalan Angkut 23
3.8 Kemiringan Melintang 24
4.1 Pola Pemuatan *Top Loading* dikombinasikan dengan *Single Back Up* 30

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

2.1 Luas Wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. BA UPTE 7
2.2 Cadangan Batubara PT. Bukit Asam, Tbk 12
2.3 Penggolongan Kualitas Batubara PTBA Menurut ASTM 13
2.4 Klasifikasi Batubara Berdasarkan *MINE Brand* 14
4.1 Geometri Jalan Angkut TS 3B – *Live Stock* TLS 4 31
4.2 Lebar dan Jari-Jari Tikungan 32
4.3 Waktu Edar Rata-Rata Alat Mekanis 34
4.4 Jadwal Waktu Kerja Karyawan PT. Ulima Nitra..... 35
4.5 Waktu Hambatan Alat Muat dan alat Angkut...…….. 37
4.6 Efisiensi Kerja Alat 38
4.7 Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut Saat Ini..... 39
5.1 Perbandingan Sebelum dan Sesudah Perbaikan..... 47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

A. DATA CURAH HUJAN.....52

B. SPESIFIKASI ALAT ANGKUT 53

C. SPESIFIKASI ALAT MUAT..... 55

D. PERHITUNGAN GEOMETRI JALAN ANGKUT..... 57

E. WAKTU EDAR ALAT ANGKUT.....63

F. WAKTU EDAR ALAT MUAT.....64

G. WAKTU KERJA EFEKTIF DAN EFISIENSI KERJA..... 66

H. KEMAMPUAN PRODUKSI AKTUAL ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT..... 73

I. PERHITUNGAN FAKTOR KESERASIAN KERJA ALAT *(MATCH FACTOR)*.....75

J. KEMAMPUAN PRODUKSI SETELAH DILAKUKAN PENAMBAHAN UNIT *DUMP TRUCK*, PERBAIKAN JALAN, DAN PERBAIKAN *CYCLE TIME* ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT..... 78

K. PERHITUNGAN FAKTOR KESRASIAN KERJA ALAT *(MATCH FACTOR)* SETELAH PENAMBAHAN 10 UNIT *DUMP TRUCK* DAN PERBAIKAN *CYCLE TIME* ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT.....81

L. PENGOPTIMALAN PRODUKSI ALAT ANGKUT YANG ADA SETELAH PERBAIKAN JALAN DAN *CYCLE TIME* ALAT ANGKUT.....83

M. DATA *BREAKDOWN* ALAT ANGKUT PADA BULAN SEPTEMBER 2018..... 84

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Bukit Asam Tbk., merupakan perusahaan tambang batubara milik negara yang memiliki daerah operasi di Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan, dengan izin usaha Pertambangan 15.421 Ha. Pada saat ini Unit Penambangan Tanjung Enim (UPTE) beroperasi di tiga lokasi (*site*), yaitu Tambang Air Laya (TAL), Muara Tiga Besar dan Banko.

Lokasi penelitian sendiri berada dilokasi Operasi Penanganan Batubara 4 Blok Timur Banko Barat dimana sistem pemindahan dengan mengkombinasikan *excavator* dan *truck* dalam kegiatan pemindahan batubaranya.

Pada areal penambangan Banko Barat ada lokasi pit penambangan yang salah satunya adalah pit 3 Timur Banko Barat terdapat Operasi Penanganan Batubara 4 / OPB 4 Blok Timur. Target pemindahan batubara di OPB 4 Blok timur sebesar 3.600.000 ton/tahun atau 300.000 ton/bulan. Sedangkan pencapaian pemindahan batubara saat ini pada bulan september 2018 hanya 142.200 ton/bulan untuk alat angkut *Dump Truck* CWE Quester 2864R atau hanya 47,33% dari target pemindahan, maka masih kurang 151.800 ton untuk mencapai target 300.000 ton/bulan dan 286.016 ton/bulan untuk alat muat *Excavator* Volvo EC480 DL atau hanya 95,33% dari target, masih kurang 13.984 ton untuk mencapai target 300.000 ton/bulan.

Diharapkan dengan adanya evaluasi ketercapaian pemindahan Batubara ini perusahaan dapat mengetahui berapa rencana dan realisasi pemindahan dan apa penyebab tidak tercapainya pemindahan batubara dan dapat memberikan masukan dan saran terhadap penyebab-penyebab tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang terjadi pada Operasi Penanganan Batubara 4 (OPB 4) yaitu:

1. Target pemindahan batubara dari *temporary stockpile 3B* / TS 3B ke *Train Loading Station* 4 / TLS 4 menggunakan alat gali-muat dan alat angkut yang dipakai pada OPB 4 belum terpenuhi yaitu 300.000 ton/bulan
2. Adanya faktor-faktor yang yang mempengaruhi belum tercapainya pemindahan.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian skripsi ini adalah:

1. Mengkaji kemampuan produksi alat gali dan alat muat di OPB 4 Satker Penanganan Batubara Blok Timur di PT. Bukit Asam Tbk.
2. Melakukan analisis faktor penyebab belum tercapainya target produksi di OPB 4 Satker Penanganan Batubara Blok Timur di PT. Bukit Asam Tbk.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian skripsi ini, penulis membatasi masalah hanya pada :

1. Optimalisasi produksi alat gali muat dan alat angkut untuk pemindahan batubara Pada Penanganan Batubara Blok Timur di PT. Bukit Asam, Tbk.
2. Penelitian ini hanya mengkaji masalah teknis, tidak mengkaji masalah ekonomis

1.5 Metode Penelitian

Adapun metode yang digunakan didalam pembuatan skripsi ini adalah:

1. Studi Literatur

   Dilakukan dengan mencari studi pustaka yang dapat menunjang dalam pembuatan laporan yang diperoleh dari instansi terkait yaitu PT. Bukit Asam, Tbk berupa laporan-laporan sebelumnya yang menjadi arsip dari PT. Bukit Asam, Tbk. Kemudian dari perpustakaan Teknik Pertambangan yang berupa skripsi sebelumnya.

2. Pengamatan Lapangan

   Dilakukan dengan pengamatan langsung dilapangan yaitu pada *temporary stockpile* 3B Penambangan Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk. Pengamatan yang dilakukan dengan cara melihat bagaimana aktivitas penambangan secara umum dilakukan yang dimulai dari *temporary stockpile* 3B/ TS 3B sampai ke *stockpile* TLS *(Train Loading Station)* 4

3. Pengambilan data

   Data-data yang diperlukan untuk menyusun laporan ini berupa:

   a. Data Primer, yaitu data yang didapatkan dengan melakukan pengamatan langsung dilapangan meliputi kondisi *temporary stockpile* 3B, aktivitas pemindahan batubara, kondisi jalan, *cycle time*, dan lainnya.
   b. Data Sekunder, yaitu data yang diperoleh dari literatur dan referensi yang berkaitan sebagai data pelengkap yang diperoleh dari instansi terkait, perpustakaan, dan informasi-informasi lainnya yang berkaitan. Data-data yang dibutuhkan seperti data curah hujan, rencana, spesifikasi peralatan alat gali muat dan alat angkut yang digunakan, geologi daerah penambangan, target produksi dan data pendukung lainnya.
   c. Penyusunan Laporan

      Penulis melakukan bimbingan secara berkala dan pembuatan laporan secara sistematis sesuai dengan pedoman penulisan karya ilmiah.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian terhadap pemindahan batubara di Operasi Penanganan Batubara adalah untuk memberikan informasi teknis terhadap kinerja dari alat itu sendiri karena peran dari alat tersebut sangat berpengaruh dalam kelancaran operasi penambangan.

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Secara administrasi termasuk dalam wilayah Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dan secara astronomis berada di 3° 42′ 30" - 4° 12' 30" LS dan 103° 14' 07" - 103° 42' 10" BT (lihat Gambar 2.1).

Perusahaan memegang Hak Izin Usaha Pertambangan (IUP) dengan luas 66.414 Ha untuk Unit Pertambangan Tanjung Enim (UPTE) yang terdiri dari Tambang Air Laya, Tambang Muara Tiga Besar dan Tambang Banko Barat yang terbagi menjadi Pit 1, Pit 2 dan Pit 3. Batas daerah penelitian secara administrasi adalah sebagai berikut :

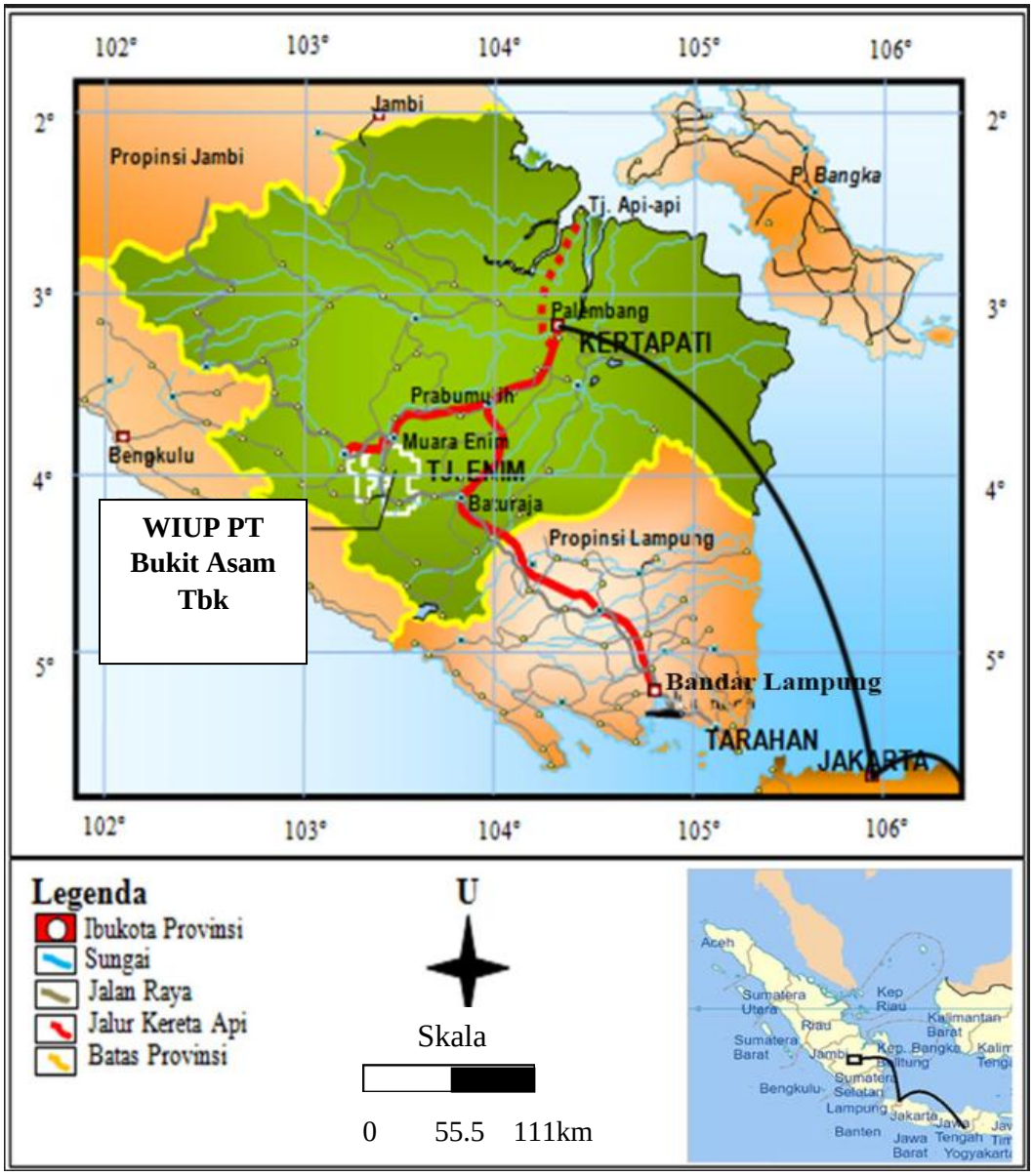
a. Sebelah utara, berbatasan dengan Kabupaten Musi Banyuasin.
b. Sebelah Timur, berbatasan dengan Kabupaten Ogan Komering Ilir.
c. Sebelah barat, berbatasan dengan Kabupaten Lahat.
d. Sebelah Selatan, berbatasan dengan Kabupaten Ogan Komering Ulu.

Untuk mencapai lokasi penelitian dari kota Yogyakarta dapat ditempuh dengan rute perjalanan sebagai berikut :

a. Perjalanan dari bandara internasional Adi Sucipto Yogyakarta menggunakan pesawat terbang menuju bandara Internasional Soekarno-Hatta Tanggerang kemudian dilanjutkan menuju bandara internasional Mahmud Badaruddin II Palembang dengan waktu tempuh selama 2 jam.
b. Perjalanan dari Palembang dilanjutkan dengan perjalanan darat dengan kendaraan roda empat melalui jalan darat dengan kondisi jalan yang

cukup baik sejauh kurang lebih 210 Km kearah Barat Daya menuju Tanjung Enim dengan waktu tempuh selama 6 jam.

Daerah operasional penambangan terdiri dari 3 lokasi yaitu Tambang Air Laya, Tambang Muara Tiga Besar dan Tambang Banko Barat sekitar ± 200 Km melewati jalan raya beraspal. Untuk bisa sampai ke lokasi penelitian jika dimulai dari kota Palembang ditempuh dengan transportasi darat menuju ke kota Tanjung Enim dengan waktu tempuh ± 5 jam. Kemudian perjalanan dilanjutkan kembali menuju lokasi penelitian dengan menggunakan bus karyawan ± 10 menit.



(*Sumber : Eksplorasi Rinci PT Bukit Asam Tbk. 2017*)

Gambar 2.1

Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah PT Bukit Asam Tbk.

2.2 Ruangan Lingkup dan Proses Produksi Perusahaan

Pada PT. Bukit Asam, Tbk, Sumatera Selatan di Unit Penambangan Tanjung Enim (UPTE) memiliki beberapa *site* dalam wilayah kuasa pertambangan, yaitu :

1. Tambang Air Laya (TAL)

   Pada lokasi penambangan Air Laya (PAL) merupakan Tambang Batubara terbesar yang dioperasikan di PT. Bukit Asam, Tbk. Penambangan Air Laya

terbagi dalam tiga wilayah yaitu diginakan pada penambangan Air Laya menggunakan metode tambang terbuka dengan kombinasi *excavator-dump truck.* Kegiatan penambangan dilakukan dengan metode kombinasi *shovel-truck* dilaksanakan oleh pihak ketiga (Kontraktor). Nilai kalori batubara yang terdapat di Tambang Air Laya (TAL) berkisar antara 5000-7200 kkal/kg (AR).

2. Tambang Muara Tiga Besar (MTB)

   Tambang Muara Tiga Besar (MTBS). Operasi penambangan di Muara Tiga Besar ini menggunakan metode kombinasi antara *shovel* dan *truck*, dan metode *continuous mining* yang merupakan suatu sistem penambangan yang berkeseimbangan dengan menggunakan BWE Sistem. Nilai kalori batubara yang terdapat di Muara Tiga Besar berkisar antara 4800 kkal/kg (AR).

3. Tambang Banko Barat

   Tambang Banko Barat saat ini terdiri atas 3 lokasi bukaan penambangan yaitu pit 1, pit 2, dan pit 3. Pekerjaan penambangan batubara dilakukan oleh swakelola dan kontraktor dengan menggunakan metode kombinasi antara *shovel* dan *truck*. Nilai kalori batubara yang terdapat di Banko Barat berkisar antara 4000-5200 kkal/kg (AR).

2.3 Wilayah Izin Usaha Pertambangan

PT. Bukit Asam, Tbk. Unit Perambangan Tanjung Enim, membagi wilayah pertambangan menjadi dua bagian yaitu Tambang Air Laya (TAL) dan tambang Non Air Laya (NAL).

Luas Wilayah Izin Usaha Penambangan PT. Bukit Asam Unit Penambangan Tanjung Enim, dapat dilihat pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1

Luas Wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. BA UPTE

No	Lingkup Area Penambangan	Luas (Ha)
1	Air Laya	7.621
2	Non Air Laya	
	• Muara Tiga Besar	3300
	• Banko Barat	4500
	• Banko Tengah Blok A	2423
	• Banko Tengah Blok B	22937

Sumber: Bagian Perencanaan PT. Bukit Asam, Tbk, UPTE 2017

2.4 Keadaan Geologi

Berdasarkan informasi yang didapatkan dari satuan kerja eksplorasi, keadaan geologi pada daerah Tanjung Enim termasuk dalam bagian sub cekungan Palembang yang merupakan bagian dari cekungan Sumatera Selatan dan terbentuk pada zaman tersier. Adapun keadaan geologi daerah Banko Barat meliputi :

2.4.1 Fisiografi

Urutan formasi Banko Barat dari umur yang paling tua sampai dengan umur yang paling muda adalah sebagai berikut :

a. Formasi Air Benakat

Formasi ini tersingkap disebelah selatan, yang dicirikan dengan batuan serpih Karbonat yang kaya akan *foraminifera* dan sisipan batuan lempung bagian bawah, semakin keatas semakin banyak dijumpai tumbuh-tumbuhan. Formasi ini diperkirakan berumur Miosen Tengah.

b. Formasi Muara Enim

Formasi ini tersingkap disebagian Banko Barat yang terendapkan selaras di atas formasi air benakat dengan bahan penyusunannya terdiri dari batu pasir, batu lanau dan batu lempung setebal ± 650 m. Formasi ini terdapat batubara yang cukup tebal, sehingga sering disebut sebagai formasi pembawa batubara dan formasi ini berumur Miosen Atas-Pliosen Bawah

2.4.2 Litologi

Susunan litologi Banko Barat yaitu sebagai berikut (lihat Gambar 2.2):

1. Lapisan Tanah Penutup

   Tanah penutup terdiri dari lapisan endapan sungai tua, batu lempung, lapisan lanau dan lapisan gantung. Lapisan tanah penutup terdiri dari tanah liat, *bentonite* dan campuran lumpur serta batu pasir halus.

2. Lapisan Batubara A1

   Umumnya lapisan batubara ini dapat dicirikan dengan adanya material-material pengotor berupa tiga lapisan batu lempung. Ketebalan lapisan batubara A1 adalah 6,5-9 m.

3. Lapisan *Interburden* A1 –A2

   Umumnya lapisan batubara ini dicirikan oleh adanya material tuffan berwarna putih abu-abu. Ketebalan lapisan ini 2-4 m.

4. Lapisan Batubara A2

   Lapisan batubara ini banyak dijumpai batubara silika pada bagian atas. Lapisan ini memiliki ketebalan 7,5-11 m.

5. Lapisan *Interburden* A2-B

   Lapisan ini dicirikan dengan perulangan batu pasir dan batu lanau dengan sisipan tipis batubara. Lapisan ini mempunyai tebal 15-20 m.

6. Lapisan Batubara B1

   Lapisan ini memiliki tebal 9-14,1 m dan terdapat sisipan batu lempung.

7. Lapisan *interburden* B1- B2

   Lapisan ini mengandung batu lempung dan batu lanau yang tipis. Lapisan ini mempunyai ketebalan 2-5 m.

8. Lapisan Batubara B2

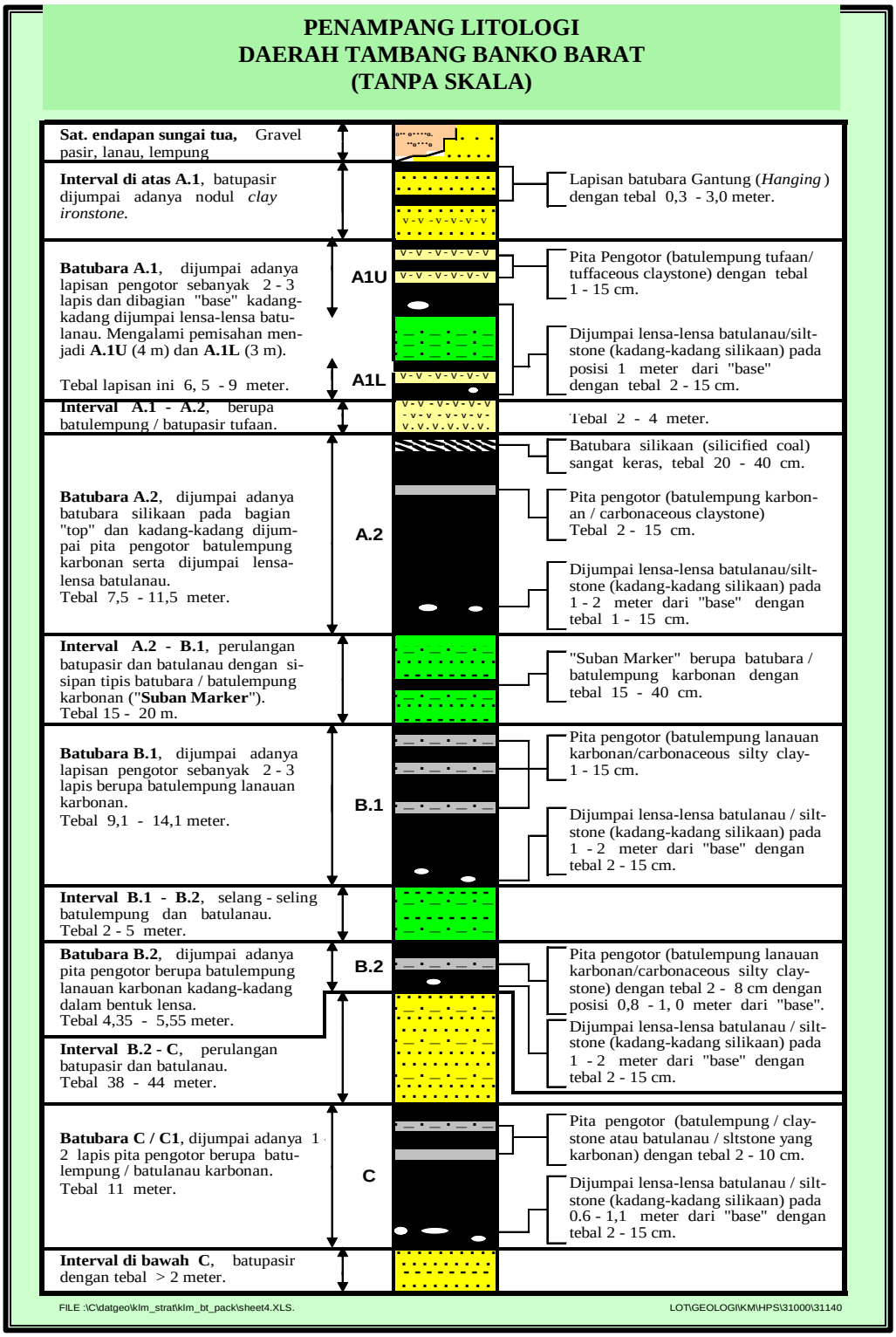
   Lapisan ini mempunyai ketebalan 4,3-5,5 m.

9. Lapisan *interburden* B2- C

   Lapisan ini mengandung batu pasir dan batu lanau dengan tebal 38-44 m.

10. Lapisan Batubara C

    Lapisan ini memiliki ketebalan 11 m.



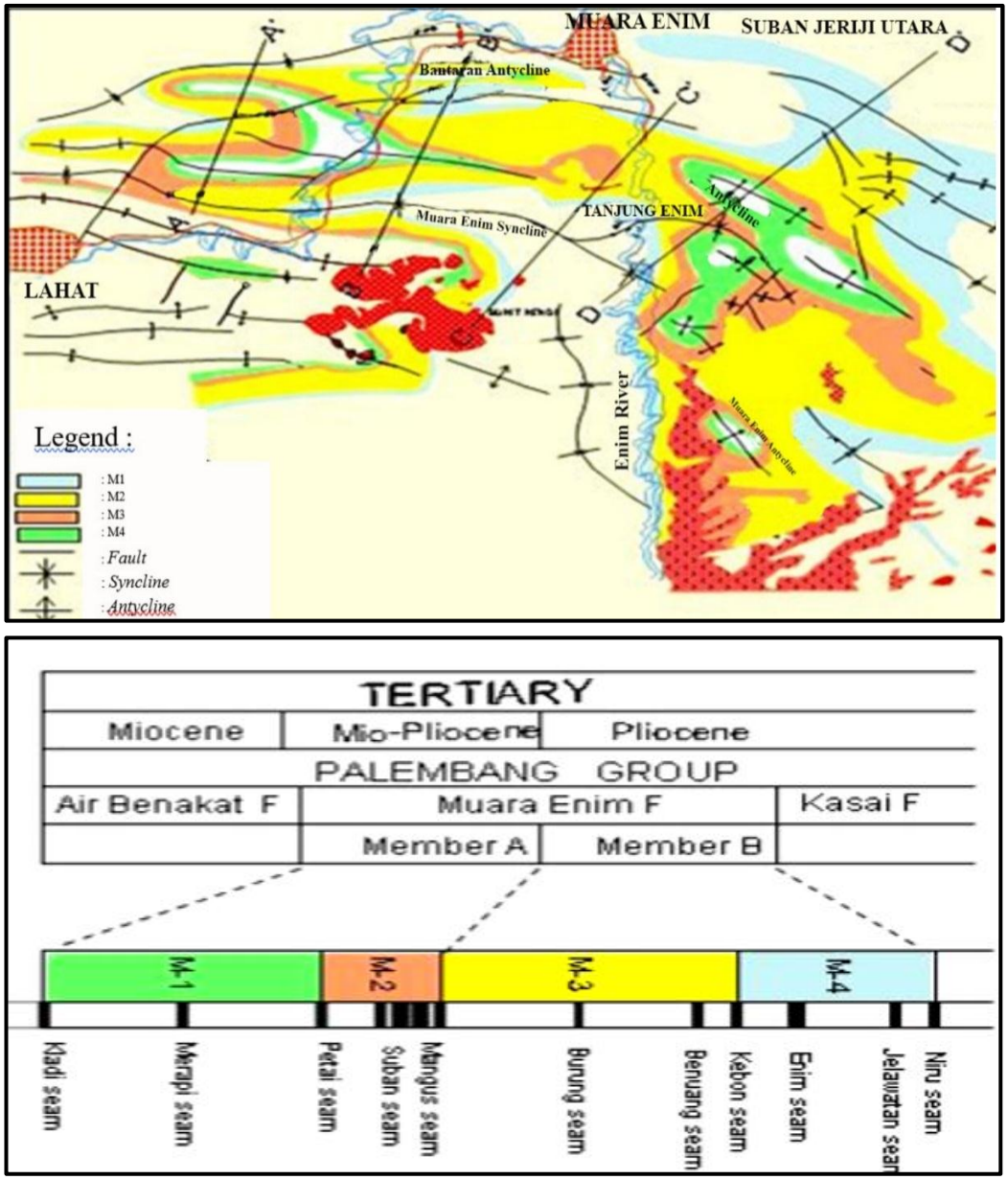
(*Sumber : Eksplorasi Rinci PT.Bukit Asam. 2017*)

Gambar 2.2

Litologi Daerah Tambang Banko Barat

2.4.3 Struktur Geologi

Berdasarkan ciri litologinya, formasi ini dapat dibagi menjadi 4 satuan batuan yaitu satuan batuan M1, satuan batuan M2, satuan batuan M3 dan satuan batuan M4 yaitu (lihat Gambar 2.3):



(Sumber : Eksplorasi Rinci PT. Bukit Asam, 2017)

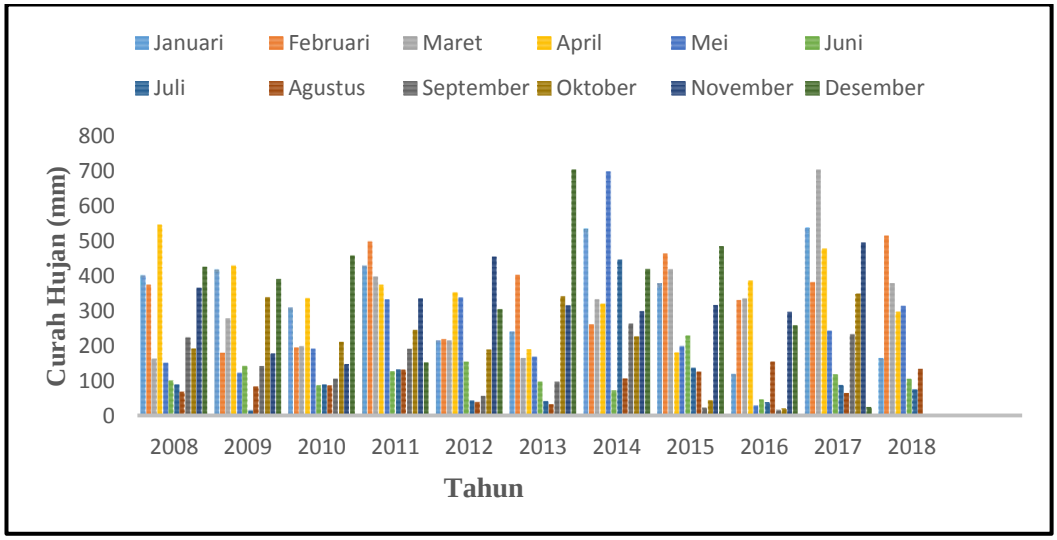
Gambar 2.3

Struktur Geologi Daerah Tanjung Enim

a. Satuan batuan M1, dicirikan dengan adanya batu pasir abu-abu hingga kecoklatan, lanau dan lempung dengan batu pasir. Batubara yang terkandung dalamnya merupakan lapisan kladi dan merapi.
b. Satuan batuan M2, dicirikan dengan adanya batu lempung abu-abu kecoklatan dan lempung lanauan.
c. Satuan batuan M3, dicirikan dengan adanya batu lanau, batu pasir pada bagian atas dan batu lempung pada bagian bawah. Lapisan batubara yang terkandung didalam satuan ini adalah lapisan Burung dan Benuang.
d. Satuan batuan M4, mengandung lapisan gantung (Jelawatan dan Enim).

2.5 Iklim dan Curah Hujan

Lokasi Banko Barat beriklim tropis dan mempunyai dua musim setiap tahunnya, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Curah hujan rata-rata di Banko Barat setiap tahunnya pada tahun 2008-2018 yaitu 2879,826 mm/tahun. Penerapan metode penambangan terbuka yang mana seluruh aktivitas pekerjaan berhubungan langsung dengan udara bebas, sehingga iklim yang ada akan berdampak langsung pada operasional. Rekapitulasi curah hujan dapat dilihat pada Lampiran A dan penyajian grafik dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4

Grafik Curah Hujan Tahunan Tahun 2008-2018

2.6 Cadangan, Kualitas, dan Sumberdaya Batubara

Pada perusahaan tambang batubara PT. Bukit Asam, Tbk, memiliki cadangan, kualitas, dan sumberdaya batubara yang berbeda pada setiap daerah penambangannya.

2.6.1 Cadangan Batubara

Jumlah cadangan total batubara yang ada di PT. Bukit Asam, Tbk di lokasi Izin Usaha Penambangan (IUP) PT. Bukit Asam, Tbk. Unit Penambangan Tanjung Enim adalah sebesar 4884,15 juta ton yang terdiri atas 3126,94 juta ton untuk cadangan terukur; 1422,21 juta ton untuk cadangan terunjuk; dan 335,00 juta ton untuk cadangan tereka.

Tabel 2.2

Cadangan Batubara PT. Bukit Asam, Tbk.

Nama Daerah	Cadangan (Juta Ton)			
	Terukur (*Measured*)	Terindikasi (*Indicated*)	Tereka (*Inferred*)	Jumlah
Air Laya	236,74	12,62	0	249,36
Arahan Utara	180	40	10	230
Arahan Selatan	272	86	0	358
Air Selero	49,04	0,69	0	49,73
Banko Barat	554,75	116,35	0	671,1
Banko Tengah	480,39	308,91	0	789,3
Banko Selatan	273,41	184,4	0	457,81
Banjar Sari	242,14	42,9	0	285,04
Bunian Suka Merindu	20,67	0	0	20,67
Bukit Kendi	14,67	30,77	0	45,44
Muara Tiga Besar Utara	308,4	23	0	331,4
Muara Tiga Besar Barat	215,36	33,38	0	283,74
Muara Tiga Besar Timur	174,17	0	0	174,17
Suban Jeriji Selatan	0	0	325	325
Suban Jeriji Utara	0	502	0	502
Total	3126,94	1422,21	335	4884,15

(Sumber : Satuan Kerja Geologi PTBA, 2017)

Menurut penyelidikan yang dilakukan oleh Kinhill dan Otto Gold, cadangan batubara di Banko Barat adalah sebesar 577,61 juta ton, dengan jumlah cadangan pada lapisan A1 mencapai 63,31 juta ton dan cadangan pada lapisan A2 103,96 juta ton. Sedangkan jumlah cadangan pada lapisan B1 adalah 152,23 juta ton dan pada lapisan B2 terdapat cadangan sejumlah 60,34 juta ton. Pada lapisan C terdapat cadangan batubara sejumlah 197,77 juta ton (Tabel 2.2)

2.6.2 Kualitas Batubara

Pengklasifikasian ini bertujuan untuk melihat variansi dari batubara dan kualitasnya. Perbedaan tumbuhan asal dan proses pembatubaraan *(Coalification)* yang terjadi menyebabkan batubara yang terbentuk pada suatu tempat belum tentu sama. Kualitas umum batubara lokasi Bukit Asam (Tabel 2.3) dan lokasi sekitar berdasarkan hasil analisis.

Tabel 2.3
Penggolongan Kualitas Batubara PTBA Menurut ASTM

Kelas	Group	Group	Lokasi
Antrasit	1	Meta Antrasit	-
	2	Antrasit	Suban
	3	Semi-Antrasit	Air Laya
Bituminous	1	Low Volatile Bituminous	-
	2	Medium Volatile Bituminous	-
	3	High Volatile Bituminous Coal A	Air Laya dan Bukit Kendi
	4	High Volatile Bituminous Coal B	-
	5	High Volatile Bituminous Coal C	-
Sub-Bituminous	1	Sub-Bituminous Coal A	Air Laya
	2	Sub-Bituminous Coal B	Muara Tiga Besar
	3	Sub-Bituminous Coal C	Banko Barat

Sumber : Satuan Kerja Eksplorasi Rinci PTBA, 2017

Sedangkan klasifikasi batubara yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam Berdasarkan *mine brand* dan *market brand*

Tabel 2.4

Klasifikasi Barubara Berdasarkan *MINE Brand*

No.	Tipe Batubara
1	BB 46 (4600-4900 kkal/kg,adb)
2	BB 50 (4901-5200 kkal/kg,adb)
3	BB 52 (5200-5500 kkal/kg,adb)

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. Klasifikasi ini didasarkan atas analisa proksimat batubara, yaitu berdasarkan derajat perubahan selama proses pembatubaraan mulai dari lignit sampai antrasit.

2.6.3 Sumber Daya Batubara

Klasifikasi sumber daya batubara didasarkan pada tingkat keyakinan geologi dan kajian kelayakan. Pengelompokan tersebut mengandung dua aspek, yaitu ekonomi dan geologi. Menurut SNI 13-6011-1999, kelas sumberdaya batubara terdiri dari empat kelas, yaitu :

1. Sumberdaya Batubara Hipotetik

   Sumber daya batubara adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap penyelidikan survei tinjau.

2. Sumberdaya Batubara Tereka

   Sumber daya batubara tereka adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap penyelidikan prospeksi

3. Sumberdaya Batubara Terunjuk

   Sumber daya batubara tertunjuk adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap eksplorasi pendahuluan

4. Sumberdaya Batubara Terukur

   Sumber daya batubara terukur adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap eksplorasi rinci

2.7 Kegiatan Penambangan

Secara umum kegiatan penambangan batubara Banko Barat dibagi dalam beberapa tahap, yaitu sebagai berikut :

1. Pembersihan lahan

   Pembersihan lahan adalah kegiatan pembersihan *front* kerja atau tempat kerja dari tumbuh tumbuhan baik itu semak belukar, pepohonan dan tumbuhan lainnya yang dapat mengganggu proses penambangan atau mengganggu alat–alat mekanis yang bekerja pada lokasi penambangan .

   Persiapan kegiatan pembersihan lahan harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

   a. Lahan yang akan di bersihkan terlebih dahulu telah disurvei dan bebas dari kemungkinan sengketa lahan.
   b. Apabila terdapat pohon dengan diameter ≥ 30 cm dan kuantitas pohon cukup banyak maka disarankan menggunakan fasilitas *chain saw* terlebih dahulu.
   c. Apabila telah selesai proses penebangan pohon dengan *chain saw* selanjutnya digunakan *bulldozer* untuk tahap akhir pembersihan lahan.
   d. Dalam proses pembersihan lahan, *bulldozer* tidak diperbolehkan memotong tanah terlalu dalam yang akan mengakibatkan berkurangnya lapisan *top soil*.

e. Material pohon dan sejenisnya sedapat mungkin harus dikumpulkan kedalam suatu tempat untuk memudahkan proses pemindahan.
f. Luas area yang akan di bersihkan harus mematuhi batas yang telah dikeluarkan dalam *boundary design* yang dikeluarkan oleh departemen perencanaan.

2. Tahap penggalian dan pemuatan tanah penutup

   Penggalian tanah penutup merupakan proses pembongkaran lapisan yang menutupi batubara agar *excavator* mudah untuk melakukan kegiatan pemuatan batubara. Pada proses pembongkaran pada tambang Banko Barat dikerjakan dengan menggunakan PC 2000 Komatsu .

3. Pengangkutan tanah penutup

   Kegiatan ini adalah suatu proses pemindahan tanah penutup dari *loading point* menuju area penimbunan *disposal* dengan menggunakan alat angkut HD 785 yang digunakan dalam proses pengangkutan *overburden* dan *top soil* pada tambang Banko Barat.

4. Tahap pembongkaran batubara

   Kegiatan pembongkaran batubara dilakukan dengan cara langsung menggunakan *backhoe* PC 400 Komatsu.

5. Tahap pemuatan

   Alat yang digunakan pada tahap pemuatan batubara Banko Barat adalah alat gali-muat PC 400 Komatsu untuk batubara.

6. Tahap Pengangkutan

   Kegiatan ini adalah suatu proses pemindahan batubara dari *loading point* dengan menggunakan alat angkut *dump truck* Scania P360 menuju *temporary stockpile*.

7. Tahap Penumpahan

   Pada tambang Banko Barat Pit lokasi *dumping* batubara *fleet* 1 terletak 2,7 Km dari *loading point* batubara.

BAB III

DASAR TEORI

Produksi alat mekanis dapat dilihat dari kemampuan alat tesebut dalam penggunaannya dilapangan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi produksi alat mekanis adalah seperti dibawah ini.

3.1 Faktor Pengembangan Material

Pengembangan material adalah perubahan volume material apabila material tersebut diubah dari bentuk aslinya. Di alam material didapati dalam keadaan padat sehingga hanya sedikit bagian-bagian yang kosong yang terisi udara diantara butir-butirnya. Apabila material tersebut digali dari tempat aslinya, maka akan terjadi pengembangan volume.

Faktor pengembangan adalah pengembangan volume suatu material setelah digali. Di alam material dijumpai dalam keadaan padat sehingga hanya sedikit bagian kosong yang terisi dengan udara diantara butir-butirnya. Apabila material digali maka akan terjadi pengembangan volume yang dikenal dengan istilah faktor pengembangan berdasarkan densitas (kerapatan). Material yang ditangani pada kegiatan pemuatan dan pengangkutan adalah material pada kondisi *loose volume* (Yanto, 2014). Rumus untuk menghitung *swell factor* berdasarkan densitas (kerapatan)

$$\textit{Swell Factor} = \frac{Density\ in\ loose}{Densitiy\ in\ bank} \quad \text{.....} \quad 3.1$$

3.2 Faktor Isian Mangkuk

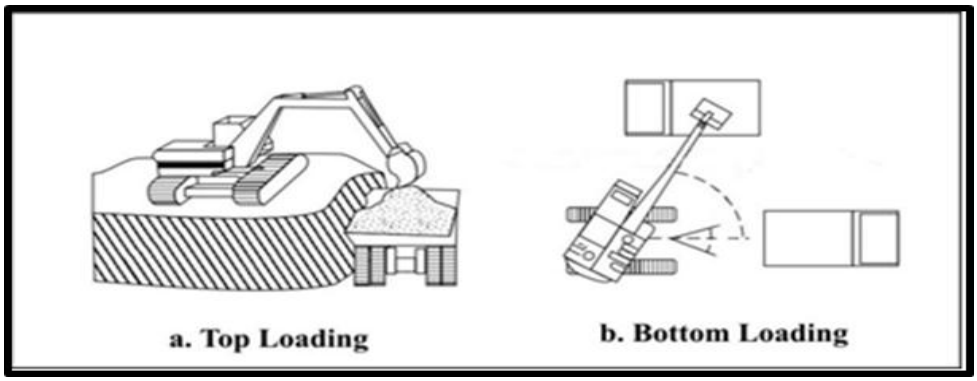
Faktor isian mangkuk adalah perbandingan antara kapasitas nyata mangkuk alat gali-muat dengan kapasitas baku mangkuk (sesuai spesifikasi) alat gali-muat. Faktor isian mangkuk dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\textit{Bucket fill factor} = \frac{\text{Volume Nyata}}{\text{Volume Baku}} \text{x } 100\% \quad \text{.....} \quad 3.2$$

3.3 Pola Pemuatan

Untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan sasaran pemindahan batubara maka pola pemuatan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi waktu edar alat. Pola pemuatan yang digunakan tergantung pada kondisi lapangan serta alat mekanis yang digunakan dengan asumsi bahwa setiap alat angkut yang datang, mangkuk (bucket) alat gali-muat sudah terisi penuh dan siap ditumpahkan. Setelah alat angkut terisi penuh segera keluar dan dilanjutkan dengan alat angkut lainnya sehingga tidak terjadi waktu tunggu pada alat angkut maupun alat gali-muatnya. Pola Pemuatan dapat dilihat dari beberapa keadaan yang ditunjukkan alat gali-muat dan alata angkut yaitu :

1. Pola pemuatan yang didasarkan pada keadaan alat gali-muat yang berada lebih tinggi dari alat angkut atau sama tinggi (Gambar 3.1)
   a. *Top Loading*, yaitu alat gali muat melakukan penggalian dengan menempatkan dirinya diatas jenjang atau lebih tinggi dari alat angkut.
   b. *Bottom Loading*, yaitu alat gali muat melakukan penggalian dengan menempatkan dirinya dijenjang yang sama atau sama tinggi dengan posisi alat angkut.



(Sumber: Yanto, 2014)

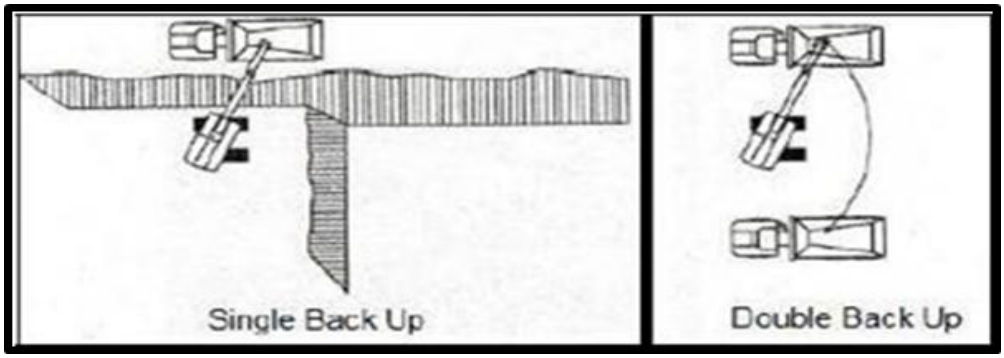
Gambar 3.1

Pemuatan Berdasarkan Posisi Alat-Gali Muat Terhadap Alat Angkut

2. Pola pemuatan berdasarkan jumlah penempatan posisi alat angkut untuk dimuati terhadap posisi alat gali-muat (Gambar 3.2).

a. *Single back up,* yaitu alat angkut memposisikan diri untuk dimuati pada satu tempat sedangkan alat angkut berikutnya menunggu alat angkut pertama dimuati sampai penuh, setelah alat angkut pertama berangkat alat angkut kedua memposisikan diri untuk dimuati sedangkan truk ketiga menunggu, dan begitu seterusnya.

b. *Double back up,* yaitu alat angkut memposisikan diri untuk dimuatu pada dua tempat, kemudian alat gali-muat mengisi salah satu alat angkut sampai penuh setelah itu mengisi alat angkut kedua yang sudah memposisikan diri di sisi lain sementara alat angkut kedua diisi, alat angkut ketiga memposisikan diri di tempat yang sama dengan alat angkut pertama dan seterusnya.



(Sumber: Yanto, 2014)

Gambar 3.2

Pola Pemuatan Berdasarkan Jumlah Penempatan Alat Angkut

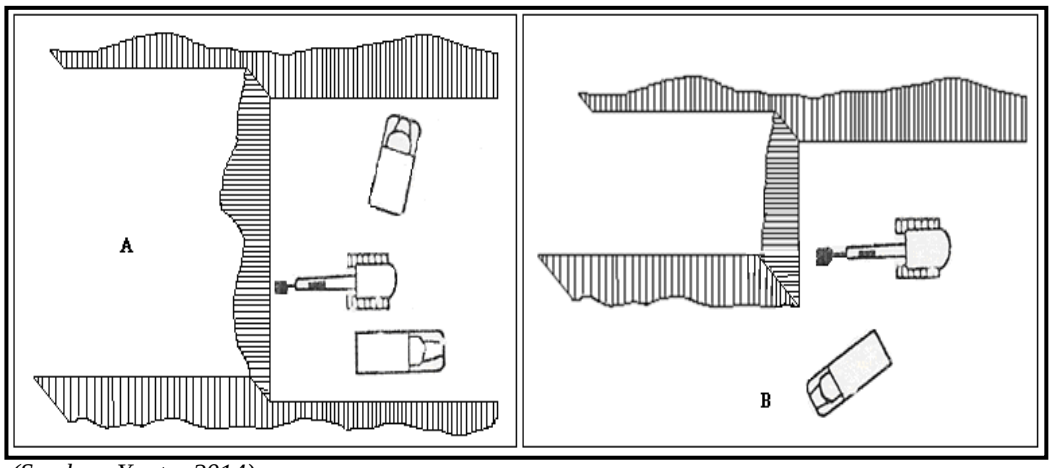
3. Pola Pemuatan berdasarkan cara manuvernya (Gambar 3.3) dibedakan menjadi dua, yaitu :

a. *Frontal Cut*

Alat gali muat berhadapan dengan muka jenjang atau *front* penggalian dan mulai menggali ke arah depan dan samping alat gali muat. Dalam hal ini digunakan *double spotting* dalam penempatan posisi truk. Alat gali muat memuat pertama kali pada truk sebelah kanan sampai penuh dan berangkat, setelah itu dilanjutkan pada truk sebelah kiri (Gambar 3.3)..

b. *Paralel Cut With Turn Drive-by*

Alat gali muat bergerak melintang dan sejajar dengan *front* penggalian. Pada metode ini, akses untuk alat angkut harus tersedia dari 2 (dua) akses dan berdekatan dengan lokasi penimbunan. Maka efesiensi tinggi untuk alat gali muat dan angkutnya, walaupun sudut putar rata-rata lebih besar daripada *frontal cut*, truk tidak perlu membelakangi alat gali muat dan *spotting* lebih mudah (Gambar 3.3).



(Sumber: Yanto, 2014)

Gambar 3.3

Pola Pemuatan Berdasarkan Cara Manuvernya

3.4 Geometri Jalan Angkut

Pemilihan alat-alat mekanis untuk transportasi sangat ditentukan oleh jarak yang dilalui. Fungsi jalan adalah untuk menunjang operasi tambang terutama dalam kegiatan pengangkutan. Geometri jalan yang memenuhi syarat adalah bentuk dan ukuran dari jalan tambang yang sesuai dengan tipe (bentuk, ukuran dan spesifikasi) alat angkut yang dipergunakan dan kodisi medan yang ada, sehingga dapat menjamin serta menunjang segi keamanan dan keselamatan operasi pengangkutan. Geometri jalan tersebut merupakan hal yang mutlak harus dipenuhi (Yanto Indonesianto, 2014). Beberapa faktor penunjang dalam pengoperasian peralatan mekanis, khususnya untuk alat angkut adalah kondisi dan dimensi jalan, yang meliputi lebar jalan lurus, lebar jalan pada tikungan maupun kemiringan dari jalan angkut, serta konstruksi jalan yang digunakan. Jalan dengan kondisi rata dan tingkat debu jalan angkut relatif kecil mampu membantu

memperlacar kegiatan pengangkutan, sehingga alat angkut mampu berjalan dengan kecepatan maksimum sesuai dengan kecepatan maksimum yang ditetapkan oleh perusahaan.

a. Lebar Jalan Angkut Pada Jalan Lurus

Lebar jalan angkut minimum yang dipakai untuk jalur ganda atau lebih (Gambar 3.4) adalah :

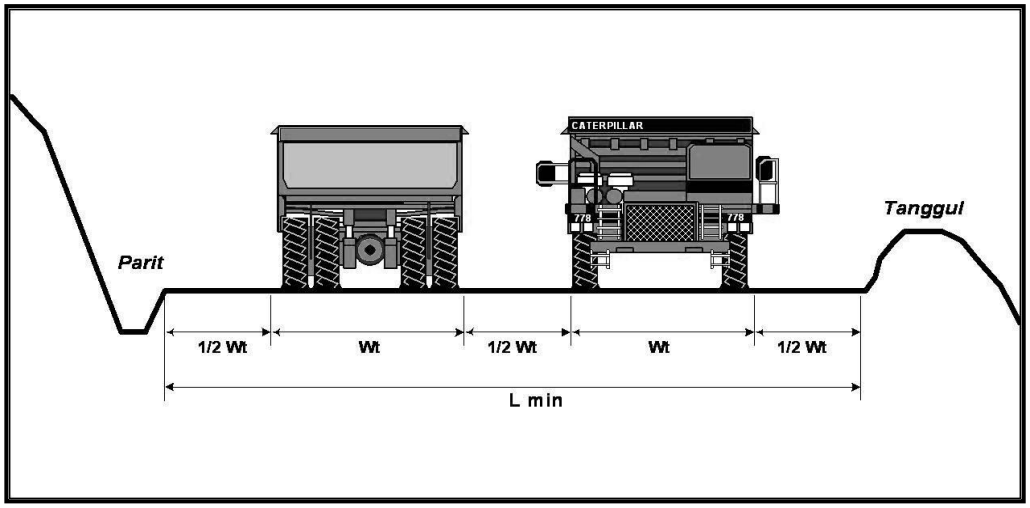
$L = n\ Wt + (n+1)\ (0{,}5Wt)$ 3.3

Keterangan :

L = Lebar jalan angkut minimum, m

N = Jumlah jalur

Wt = Lebar truk jungkit, m



(Sumber : Waterman, 2017)

Gambar 3.4

Lebar Jalan Angkut Untuk Dua Jalur Pada Jalan Lurus

b. Lebar Jalan Angkut Minimum Pada Tikungan

Lebar jalan angkut minimum pada tikungan selalu lebih besar daripada jalan lurus. Rumus yang digunakan untuk menghitung lebar jalan angkut minimum pada tikungan (Gambar 3.5 adalah:

W= 2 (U + Fa + Fb + Z) + C 3.4

C = Z = $^1/_2$ (U + Fa + Fb) 3.5

Keterangan :

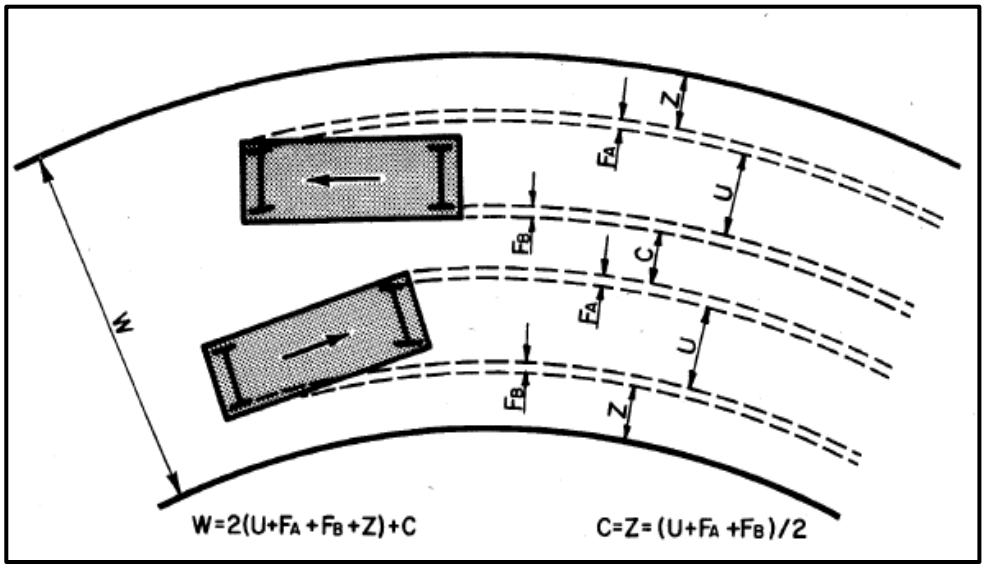
U = Jarak jejak terluar roda depan dengan jejak terluar roda belakang kendaraan, meter

Fa = Jarak roda depan dengan sisi samping terluar truk dikalikan sinus sudut penyimpangan roda, meter

Fb = Jarak roda belakang dengan sisi samping terluar truk dikalikan sinus sudut penyimpangan roda, m

Z = Jarak sisi luar truk ke tepi jalan, m

C = Jarak antara dua truk yang akan bersimpangan, m



(Sumber : Yanto, 2014)

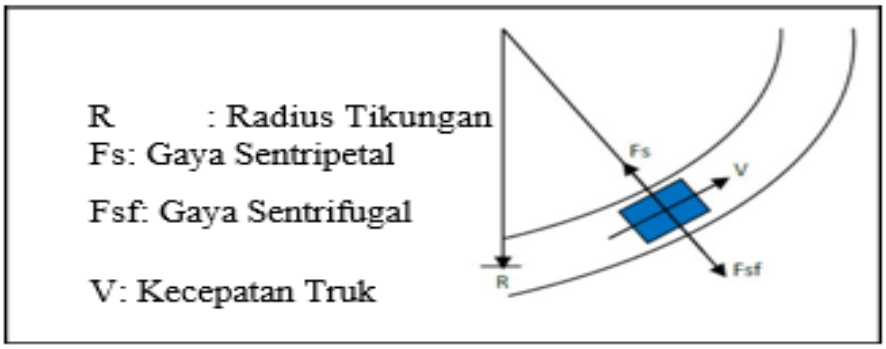
Gambar 3.5

Lebar Jalan Angkut Untuk Dua Jalur Pada Tikungan

c. Super Elevasi

Superelevasi merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam karena perbedaan ketinggian. Bagian tikungan jalan diberi superelevasi dengan cara meninggik menghindari dan mencegah agar kendaraan tidak tergelincir keluar jalan atau terguling. Selain itu, kendaraan dapat mempertahankan kecepatan saat melewati tikungan. Apabila suatu kendaraan bergerak dengan kecepatan tetap pada suatu lintasan datar atau miring yang berbentuk lengkung seperti lingkaran, maka pada kendaraan tersebut bekerja gaya sentrifugal yang mendorong kendaraan tersebut

secara radial keluar dari jalurnya, berarah tegak lurus terhadap kecepatan (Gambar3.6). Untuk dapat mempertahankan kendaraan tersebut tetap pada jalurnya, maka perlu adanya gaya yang dapat mengimbangi gaya tersebut sehingga terjadi suatu keseimbangan. Nilai maksimal superelevasi jalan ialah sebesar 10 %.

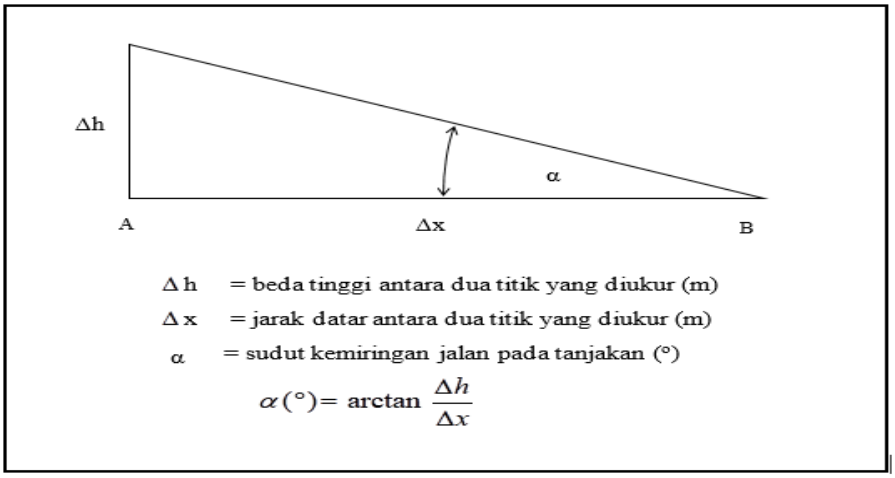


(Sumber : Waterman Sulistyana, 2017)

Gambar 3.6

Gaya Sentrifugal pada Tikungan

d. Kemiringan Jalan



(Sumber : Waterman, 2017)

Gambar 3.7

Kemiringan Jalan Angkut

Kemiringan atau *grade* jalan angkut merupakan satu faktor penting yang harus diamati secara detail dalam kegiatan kajian terhadap kondisi jalan tambang tersebut. Hal ini dikarenakan kemiringan jalan angkut berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dari pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan. Kemiringan jalan umumnya dinyatakan dalam persen (%). Dalam pengertiannya, kemiringan 1 % berarti jalan tersebut naik atau turun 1 m atau 1 ft untuk jarak mendatar 100 m atau 100 ft. Gambar 3.7 berikut ini dapat digunakan untuk mempermudah dalam memahami keterangan pada perhitungan kemiringan (*grade)* jalan angkut. Kemiringan jalan angkut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Yanto Indonesianto, 2014):

$$Grade\ (\alpha\,\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x}\, x\, 100\,\% \qquad \text{..... 3.6}$$

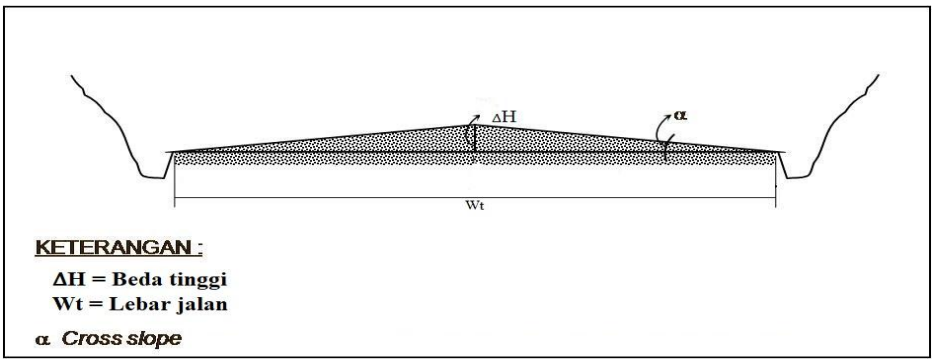
Keterangan :

Δh = beda tinggi antara 2 titik yang diukur (m)

Δx = jarak datar antara 2 titik yang diukur (m)

Secara umum kemiringan jalan maksimum adalah 10 % (Kaufman dan Ault, 1978).

e. Kemiringan Melintang



Sumber : Waterman (2017)

Gambar 3.8

Kemiringan Melintang

Untuk menghindari agar disaat hujan air tidak tergenang pada jalan, maka pembuatan kemiringan melintang dilakukan dengan cara membuat bagian tengah jalan lebih tinggi dari bagian tepi jalan.

Untuk beda tinggi dapat digunakan rumus berikut :

$\Delta H = 0{,}5 \times Wt \times 0{,}02$ m/m 3.7

Keterangan :

ΔH	= Beda tinggi
Wt	= Lebar jalan lurus
0,02	= Harga *cross slope* untuk jalan angkut tambang.

3.5 Waktu Edar *(Cycle Time)*

Waktu edar adalah waktu yang diperlukan oleh alat mekanis untuk mennyelesaikan satu siklus, dari mulai kerja sampai dengan selesai dan bersiap-siap memulainya kembali.

a. Waktu Edar Alat Muat

Waktu edar alat muat dapat dirumuskan sebagai berikut :

$CTm = Tm_1 + Tm_2 + Tm_3 + Tm_4$ 3.8

Keterangan :

Ctm	= Waktu edar alat muat, detik
Tm_1	= Waktu menggali material, detik
Tm_2	= Waktu putar dengan *bucket* terisi, detik
Tm_3	= Waktu menumpahkan muatan, detik
Tm_4	= Waktu putar dengan *bucket* kosong, detik

b. Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$CTa = Ta_1 + Ta_2 + Ta_3 + Ta_4 + Ta_5 + Ta_6$ 3.9

Keterangan :

Cta	= Waktu edar alat angkut, menit
Ta_1	= Waktu mengambil posisi untuk dimuati, menit
Ta_2	= Waktu diisi muatan, menit

Ta_3 = Waktu mengangkut muatan, menit

Ta_4 = Waktu mengambil posisi untuk penumpahan, menit

Ta_5 = Waktu pengosongan muatan, menit

Ta_6 = Waktu kembali kosong, menit

3.6 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja merupakan penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu yang tersedia. Efisiensi kerja akan mempengaruhi kemampuan produksi dari suatu alat. Faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja adalah kondisi tempat kerja, kondisi cuaca, faktor manusia serta waktu tunda.

Adapun persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung efisiensi kerja adalah sebagai berikut :

$Ek = \frac{We}{Wt} \times 100\%$ 3.10

$We = Wt - (Wtd+Whd)$ 3.11

Keterangan :

We = Waktu kerja efektif (menit)

Wt = Waktu kerja yang tersedia (menit)

Wtd = Waktu hambatan yang tidak dapat dihindari (menit)

Whd = Waktu hambatan yang dapat dihindari (menit)

Ek = Efisiensi kerja (%)

3.7 Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Kemampuan produksi alat dapat digunakan untuk menilai kinerja dari alat muat dan alat angkut. Semakin baik tingkat penggunaan alat maka semakin besar produksi yang dihasilkan alat tersebut.

a. Produksi Alat Muat

Perhitungan produksi alat muat dapat dinyatakan sebagai berikut :

Q = 3600/Ctm x (C x BFF x EFF x SF) 3.12

Keterangan:

Q = Produktivitas alat muat (m^3/jam).

Ctm = *Cycle Time* alat muat (detik).

C = Kapasitas mangkuk alat muat (m^3).

BFF = Faktor pengisian alat muat (%).

EFF = Effisiensi kerja (%).

SF = Faktor pengembangan.

b. Produksi Alat Angkut

Perhitungan produksi alat angkut dapat dinyatakan sebagai berikut;

Q = 3600/Cta x (Cam x EFF x SF)..... 3.13

di mana, Cam = n x C x BFF

Keterangan:

Q = Produktivitas alat angkut (ton/jam)

Cta = Waktu edar alat angkut (detik)

Cam = Kapasitas bak alat angkut (m^3).

n = Jumlah pengisian *bucket* penuh alat angkut.

C = Kapasitas baku alat gali-muat.

BFF = Faktor pengisian (%).

EFF = efektifitas kerja (%).

SF = *Swell Factor.*

3.8 Faktor Keserasian Kerja

Untuk mendapatkan hubungan kerja yang serasi antara alat muat dan alat angkut, maka produksi alat muat harus sesuai dengan produksi alat angkut. Faktor keserasian alat muat dan alat angkut didasarkan pada produksi alat muat dan produksi alat angkut, yang dinyatakan dalam *match factor* (*MF*). Nilai untuk menghitung *match factor* (MF) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{MF} = \frac{Na(n\ x\ Ctm)}{Nm\ x\ CtH}\ x\ 100\% \quad \text{..... 3.14}$$

Keterangan:

Na = Jumlah alat angkut, unit.

Nm = Jumlah alat muat, unit.

N = Banyaknya pengisian tiap satu alat angkut.

Cta = Waktu edar alat angkut, menit.

Ctm = Waktu edar alat muat, menit.

a. MF < 1, artinya alat muat bekerja kurang dari 100%, sedangkan alat angkut bekerja 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat muat karena menunggu alat angkut yang belum datang.
b. MF = 1, artinya alat muat dan alat angkut bekerja 100%, sehingga tidak terjadi waktu tunggu dari kedua jenis alat tersebut.
c. MF > 1, artinya alat muat bekerja 100%, sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat angkut.

BAB IV
HASIL PENELITIAN

Kegiatan pemindahan batubara di Operasi Penanganan Batubara (OPB) 4 PT. Bukit Asam, Tbk dilakukan dengan cara pemuatan dengan menggunakan *excavator* dan pengangkutan menggunakan *dump truck.* Untuk operasi pengangkutan ini PT. Bukit Asam Tbk, menggunakan kontaktor PT. Ulima Nitra untuk menjalankan kegiatan pemindahan tersebut. Alat mekanis yang digunakan pada OPB 4 PT. Bukit Asam, Tbk adalah *excavator* Volvo EC480DL untuk proses pemuatan sebanyak 2 unit dan *dump truck* CWE QUESTER 28064 R untuk proses pengangkutan sebanyak 16 unit. Berdasarkan pengamatan dan tinjauan terhadap kegiatan kerja dijumpai hal-hal sebagaimana ini.

4.1 Keadaan Umum Lokasi

Untuk keadaan umum lokasi, secara umum *front* kerja luas dan relatif datar serta kondisi landasan alat muat juga baik

4.1.1 Pola Pemuatan

Pola pemuatan yang digunakan untuk kegiatan pemuatan dengan cara *top loading*, yaitu alat muat melakukan pemuatan dengan penempatan lebih tinggi atau diatas jenjang daripada posisi alat angkut (Gambar 4.1). Cara ini dapat dilakukan karena pada pemuatannya menggunakan *excavator backhoe* sebagai alat muatnya. Selain itu keuntungan yang diperoleh yaitu operator lebih leluasa untuk melihat bak dan menempatkan material itu sendiri. Sedangkan untuk pola

pemuatan berdasarkan jumlah penempatan alat angkut adalah menggunakan pola *single back up*, yaitu alat angkut memposisikan diri untuk dimuati pada satu tempat, sedangkan alat angkut berikutnya menunggu alat angkut pertama dimuati sampai penuh. Setelah penuh dengan muatan alat angkut pertama berangkat, maka alat angkut kedua akan memposisikan diri untuk selanjutnya dimuati oleh alat muat hingga penuh dan begitu seterusnya.

Gambar 4.1

Pola Pemuatan *Top Loading* dikombinasikan dengan *Single Back Up*

4.1.2 Kondisi Jalan Angkut

Kondisi fisik jalan angkut Blok Timur yang menghubungkan daerah *stockpile* 3B dengan daerah *live stockpile Train Loading Station* (TLS) 4 yang berjarak 3411 m. Kondisi fisik jalan ini terdiri dari lebar jalan (lurus dan tikungan), kemiringan jalan dan keadaan permukaan jalan. Dari hasil pengamatan keadaan permukaan jalan terawat dengan baik dan cukup keras untuk dilewati oleh alat angkut.

Material yang digunakan dalam pembuatan jalan tersebut adalah *clay*, tanah berpasir, kerikil, dan laterit. Pada musim kemarau keadaan jalan berdebu sehingga dilakukan penyiraman oleh *water tank*, sedangkan pada musim hujan jalan tersebut menjadi licin dan permukaan jalan tersebut mudah terkelupas akibat gesekan ban sehingga dibutuhkan *grader* untuk meratakan jalan dengan tujuan agar alat angkut dapat berproduksi secara optimal (dapat melaju sesuai dengan kecepatan yang diinginkan) serta menghindari terjadinya kecelakaan.

Dengan keadaan jalan seperti kecepatan alat angkut tidak maksimum digunakan, dimana kecepatan maksimum yang ditentukan oleh perusahaan sebesar 40 km/jam. Apabila keadaan jalan licin kecepatan yang digunakan antara 10-25 km/jam sehingga operasi pengangkutan batubara tidak lancar. Dengan demikian dapat diketahui bahwa pada saat *truck* bermuatan kemiringan jalannya positif (menanjak) sehingga membuat waktu tempuh *dump truck* menjadi lama karena membutuhkan *rimpull* yang lebih besar untuk mengatasi beban muatan dan tahanan kemiringan. Begitu sebaliknya jalan angkut pada saat *truck* kosong kemiringan jalan negatif (menurun) yang akan mempercepat laju kendaraan, sehingga waktu tempuh *dump truck* menjadi lebih cepat.

4.1.3 Lebar Jalan Angkut

Jalan angkut yang ada di OPB 4 Blok Timur PT. Bukit Asam, Tbk kombinasi jalan angkut satu jalur dan dua jalur yang menghubungkan *temporary stockpile* (TS) *3B* dengan *live stock* TLS 4. Adapun lebar jalan angkut pada jalan lurus sebesar antara 9 – 9,5 m tergantung segmen jalan yang dilalui sedangkan untuk jalan lurus dua jalur sebesar 9,5 m, lebar jalan angkut pada tikungan sebesar 6,5 – 7.1 m.

4.1.4 Kemiringan Jalan Angkut

Kemiringan jalan angkut merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan kerja alat angkut *(dump truck)* dalam kegiatan pemindahan batubara dari *temporary stockpile* 3B ke *live stock* TLS 4 terutama dalam mengatasi tanjakan. Kemiringan jalan angkut yang ada pada OPB 4 Blok Timur PT. Bukit Asam, Tbk pada saat ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1

Geometri Jalan Angkut TS 3B – *Live Stock* TLS 4

Segment	Beda Tinggi (m)	Kemiringan (%)	Lebar di Lapangan (m)	Lebar Teoritis (m)	Keterangan	Jarak (m)
1	8,2	-4,38	9,2	8,75	Memenuhi	187
2	10,2	+3,27	9,2	8,75	Memenuhi	312

3	5,62	-3,25	9,3	8,75	Memenuhi	173
4	0,8	-2,67	7,0	13,36	Tidak Memenuhi	30
5	14,8	+2,05	9,1	8,75	Memenuhi	722
6	2,1	+0,75	6,5	13,36	Tidak Memenuhi	280
7	20,6	+3,77	9,2	8,75	Memenuhi	546
8	17,7	-2,39	9,3	8,75	Memenuhi	740
9	3,2	-1,47	8,2	13,36	Tidak Memenuhi	217
10	17,5	+8,61	7,1	8,75	Tidak Memenuhi	204
Total						3411

4.1.5 Kemiringan Melintang *(Cross Slope)*

Tujuan pembuatan *cross slope* adalah agar tidak terjadi penggenangan air pada badan jalan ketika hujan yang mengakibatkan kerusakan jalan dengan membuat bagian tengah jalan lebih tinggi dari bagian tepi. Cross slope yang diambil untuk jalan angkut tambang adalah 0,02 m/m dengan lebar jalan angkut 8,75 m pada jalan lurus dan beda tingginya adalah 0,08 m (lihat Lampiran D).

4.1.6 Jari-Jari Pada Tikungan

Berdasarkan hasil pengamatan, pengukuran dan perhitungan tikungan yang ada di lokasi jalan angkut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2

Lebar dan Jari – Jari Tikungan

Tikungan	**Lebar rata-rata (m)**	**Jari-jari Tikungan (m)**
T1	9,2	27,5
T2	10,1	28,3
T3	7,0	25,2
T4	6,5	24,6
T5	8,2	25,7

4.2 Sifat Fisik Material

Sifat fisik yang penting untuk diperhatikan adalah densitas yang terkait dengan faktor pengembangan material sehingga berpengaruh terhadap faktor isian mangkuk yaitu sebagai berikut :

4.2.1 Faktor Pengembangan *(Swell Factor)*

Dengan menggunakan desnsitas material lepas *(loose)* dan densitas material asli *(bank)*, dapat dicari besarnya faktor pengembangan material. Berdasarkan uji sifat fisik material, PT. Bukit Asam, Tbk khusus unit OPB 4 mempunyai nilai densitas batubara dalam keadaan *loose* adalah 0,84 ton/m^3 dan densitas dalam keadaan *bank* adalah 1,26 ton/m^3. Rumus untuk menghitung *swell factor* berdasarkan densitas (kerapatan) :

$$Swell\ Factor = \frac{Density\ in\ loose}{Densitiy\ in\ bank} = \frac{0{,}84}{1{,}26} = 0{,}67$$

Sehingga faktor pengembangan material sebesar 0,67

4.2.2 Faktor Isian Mangkuk *(Bucket Fill Factor)*

Faktor isian merupakan suatu faktor yang menunjukkan besarnya kapasitas nyata dengan kapasitas munjung dari mangkuk alat muat. Untuk *excavator* Volvo EC480DL rata-rata volume nyata yang didapatkan sebesar 1,95 m^3, sedangkan untuk kapasitas isi bucket sesuai dengan spesifikasi alat sebesar 2,1 m^3. Untuk rumus perhitungan faktor pengisisan mangkok yaitu :

$$Bucket\ fill\ factor = \frac{\text{Volume Nyata}}{\text{Volume Baku}} \text{x } 100\%$$

$$= \frac{1{,}95}{2{,}1}\, x\ 100\% = 92{,}9 = 93\%$$

Jadi untuk besarnya faktor isian alat muat Volvo EC480DL adalah 93%.

4.3 Waktu Edar *(Cycle Time)*

Waktu edar alat muat adalah waktu edar rata-rata yang ditempuh oleh alat muat mulai dari saat menggali sampai pada posisi mulai menggali kembali, sedangkan untuk waktu edar alat angkut adalah waktu edar rata-rata yang ditempuh oleh alat angkut mulai dari waktu mengatur posisi untuk dimuati oleh alat muat sampai pada saat jalan kosong kembali ke tempat pemuatan. Waktu edar alat dapat dilihat pada lampiran E dan lampiran F.

4.3.1 Waktu Edar Alat Muat

Dari hasil pengamatan penulis dilapangan waktu edar rata-rata *excavator* Volvo EC480DL adalah 17,22 detik atau 0,28 menit. Data aktual waktu dari

masing-masing gerakan untuk *excavator* Volvo EC480DL 180 adalah sebagai berikut :

a. Waktu menggali (digging) rata-rata ialah 7 detik atau 0,11 menit
b. Waktu swing isi rata-rata ialah 3,9 detik atau 0,065 menit
c. Waktu dumping rata-rata ialah 3,65 detik atau 0,060 menit
d. Waktu swing kosong rata-rata ialah 2,8 detik atau 0,046 menit

Data aktual waktu dari masing-masing gerakan untuk *excavator* Volvo EC480DL 185 adalah sebagai berikut :

a. Waktu menggali (digging) rata-rata ialah 5 detik atau 0,89 menit
b. Waktu *swing* isi rata-rata ialah 4,2 detik atau 0,07 menit
c. Waktu *dumping* rata-rata ialah 3,75 detik atau 0,062 menit
d. Waktu *swing* kosong rata-rata ialah 3,8 detik atau 0,063 menit

4.3.2 Waktu Edar Alat Angkut

Dari hasil pengamatan penulis dilapangan waktu edar rata-rata *dump truck* CWE Quester 28064 R adalah 1231,45 detik atau 20,52 menit dengan kecepatan alat angkut berkisar 30-40 km/jam. Data aktual waktu dari masing-masing gerakan untuk *dump truck* CWE Quester 28064 R adalah sebagai berikut :

a. Waktu manuver *loading* rata-rata ialah 112,05 detik atau 1,86 menit.
b. Waktu *loading* rata-rata ialah 99,35 detik atau 1,65 menit.
c. Waktu mengangkut rata-rata ialah 481,5 detik atau 8,025 menit.
d. Waktu manuver *dumping* rata-rata ialah 25,65 detik atau 0,42 menit.
e. Waktu kembali kosong rata-rata ialah 477,25 detik atau 7,95 menit.

Tabel 4.3

Waktu Edar Rata-Rata Alat Mekanis

No	Jenis Alat	Waktu Edar (menit)
1.	*Excavator* Volvo EC 480DL	0,28
2.	*Dump Truck* CWE Quester 28064 R	20,52

4.4 Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja efektif adalah waktu kerja sesungguhnya yang digunakan pada waktu operasi. Berdasarkan pengaturan waktu kerja telah ditetapkan kegiatan pemindahan batubara dalam satu hari dibagi menjadi 2 *shift*, yaitu *shift* pagi yang dimulai pukul 07.00 – 18.00 dan *shift* malam yang dimulai pukul 19.00 – 06.00 dan berlaku selama setiap hari. Dengan pembagian 6 hari *shift* pagi dilanjut dengan 6 hari *shift* malam dan satu hari off. Dalam kegiatan pemindahan batubara terdapat waktu kerja efektif dimana waktu ini didapatkan setelah dikurangi jumlah waktu hambatan-hambatan selama kegiatan berlangsung.

Tabel 4.4

Jadwal Waktu Kerja Karyawan PT. Ulima Nitra

No.	Uraian	Jam	Jumlah Waktu (jam)
SHIFT PAGI			
1	Kegiatan Loading Hauling	07.00 - 12.00	10
3	Istirahat	12.00 – 13.00	
4	Kegiatan Loading Hauling	13.00 – 18.00	
No.	Uraian	Jam	Jumlah Waktu (jam)
SHIFT MALAM			
1	Kegiatan Loading Hauling	19.00 - 21.00	10
2	Istirahat	21.00 – 22.00	
3	Kegiatan Loading Hauling	22.00 – 06.00	
Total waktu kerja dalam sehari			20

Adapun hambatan-hambatan yang terjadi dari hambatan yang tidak dapat dihindari.

4.4.1 Hambatan Yang Dapat Dihindari (Wd)

Hambatan yang dapat dihindari merupakan hambatan yang terjadi karena adanya penyimpangan terhadap waktu kerja yang telah dijadwalkan, yang termasuk tersebut adalah sebagai berikut :

a. Terlambat datang

   Keterlambatan memulai karena istirahat terlalu lama dan kurang disiplin dari operator dalam memulai kerja. Pada jadwal masuk bekerja, karyawan seharusnya datang kerja pukul 07.00 dan pukul 19.00, tetapi karyawan datang dengan keterlambatan waktu maksimal sebesar 20 menit untuk operator *excavator* dan *dump truck.*

b. Cepat berakhir kerja

   Disebabkan karena berhentinya aktifitas kerja sebelum waktu yang ditentukan, seperti cepat berhenti untuk istirahat dan cepat berhenti kerja untuk pulang. Waktu untuk mulai berhenti bekerja ialah pukul 06.00 dan pukul 18.00. Tetapi karyawan berhenti bekerja paling lama 15 menit untuk operator *excavator* & 19 menit untuk operator *dump truck* sebelum waktu yang telah ditentukan.

c. Keperluan operator

   Waktu yang digunakan oleh operator untuk keperluan pribadi misalnya mengambil air minum, buang air, dan istirahat. Untuk operator *excavator* & *dump truck* membutuhkan waktu paling lama 20 menit.

d. Terlambat bekerja setelah istirahat

   Disebabkan karena terlambatnya mulai bekerja setelah karyawan istirahat, waktu untuk mulai bekerja setelah istirahat ialah pukul 13.00 dan 22.00. Tetapi karyawan operator *exacavator* dan *dump truck* baru mulai bekerja setelah terlambat paling lama 20 menit dari waktu yang ditentukan.

4.4.2 Hambatan Yang Tidak Dapat Dihindari (Wtd)

Hambatan yang tidak dapat dihindari merupakan hambatan yang terjadi pada waktu jam kerja yang menyebabkan hilangnya waktu kerja, yang termasuk dalam hambatan tersebut adalah sebagai berikut :

a. Gangguan Cuaca

Terbuangnya waktu kerja yang disebabkan oleh hujan dan perbaikan jalan sehingga alat tidak dapat beroperasi. Waktu yang terbuang terlama ialah 60 menit

b. Perbaikan pada alat

Waktu yang hilang karena adanya gangguan-gangguan yang terjadi pada alat baik pada alat muat maupun pada alat angkut. Waktu paling lama yang dibutuhkan, sebesar 30 menit untuk *excavator* dan 40 menit untuk *dump truck.*

c. Pengisian bahan bakar

Waktu yang digunakan untuk pengisian bahan bakar alat muat dan alat angkut, dimana pengisian bahan bakar paling lama ialah 15 menit

d. Pemeriksaan dan pemanasan alat

Waktu yang digunakan untuk memeriksa dan memanaskan alat sebelum mulai bekerja. Waktu yang dibutuhkan untuk alat muat dan alat angkut paling lama ialah selama 20 menit.

4.5 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja digunakan untuk mengetahui sejauh mana efisiensi alat dan efektivitas penggunaan waktu. Efisiensi kerja alat mekanis dapat dilihat pada Tabel 4.6

$$\text{Efisiensi kerja} = \frac{Wke}{Wktersedia} \text{ x } 100\%$$

a. Efisiensi kerja alat muat

$$\text{Efisiensi kerja} = \frac{1000}{1200} \text{ x } 100\% = 83{,}3\%$$

b. Efisiensi kerja alat angkut

$$\text{Efisiensi kerja} = \frac{981}{1200} \text{ x } 100\% = 81{,}7\%$$

Tabel. 4.5

Waktu Hambatan Alat Muat dan Alat Angkut

Jenis Alat	*Excavator*	*Dump Truck*

Hambatan yang dapat dihindari (menit)		
Terlambat datang	20	25
Keperluan operator	20	20
Berhenti bekerja terlalu awal	15	19
Terlambat bekerja	20	20
Total (menit)	75	84
Hambatan yang tidak dapat dihindari (menit)		
Gangguan cuaca	60	60
Kerusakan dan perbaikan peralatan	30	40
Pengisian bahan bakar	15	15
Pemeriksaan dan pemanasan alat	20	20
Total (menit)	125	135
Total waktu hambatan (menit)	200	219
Waktu kerja total (menit)	1200	1200
Waktu Kerja Efektif (menit)	1000	981
Waktu Kerja Efektif (jam)	16,67	16,35

Tabel 4.6

No.	Jenis Alat	Efisiensi Kerja (%)
1	*Excavator* Volvo EC 480 DL	83,3
2	*Dump Truck* CWE QUESTER 28064R	81,7

Efisiensi Kerja Alat

4.6 Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Kemampuan produksi *excavator* dan *dump truck* pada kegiatan penambangan ini dapat diketahui dengan melakukan perhitungan dari masing-masing rangkaian kerja yang telah ditetapkan. Kemampuan produksi *excavator* dan *dump truck* dapat dilihat pada tabel 4.7. Dari hasil pengamatan dilapangan dan perhitungan didapat data sebagai berikut :

Excavator Volvo EC 480DL - 180

Q = 3600/Ctm x C x BFF x EFF x SF

Keterangan:

Q = Produktivitas alat muat (BCM/Jam)

Ctm = *Cycle Time* alat muat (detik) =17,22 Detik (Lampiran F)

C = Kapasitas mangkuk alat muat (m^3) = 2,1 m^3 (lampiran C)

BFF = Faktor pengisian alat muat (%) = 93 %

EFF = Effisiensi kerja (%) = 83,3 % (Lampiran G)

SF = Faktor pengembangan = 0,67

Q = (3600/17,22) x 2,1 x 0,93 x 0,83 x 0,67

= 225 Bcm/jam x 1,26 ton/m^3 = 283,94 ton/jam

Produksi = 283,94 ton/jam x 20 jam x 25 hari

= 141.970 ton/bulan

Excavator Volvo EC 480DL – 185

Q = (3600/17,1) x 2,1 x 0,93 x 0,83 x 0,67

= 228 Bcm/jam x 1,26 ton/m^3 = 288,09 ton/jam

Produksi = 288,09 ton/jam x 20 jam x 25 hari = 144.046 ton/bulan

Produksi total alat muat = 141.970 ton/bulan + 144.046 ton/bulan = 286.016 ton/bulan

Dari total 16 *dump truck* dari data pada bulan september hanya 12 unit saja yang beroperasi, sedangkan 4 unitnya sedang dalam perbaikan/*breakdown*.

Q = Produksi Alat Angkut (BCM/Jam)

Eff = Efisiensi Kerja (%) = 81,7 % (Lampiran G)

Cta = Waktu Edar Alat Angkut (Detik) = 17,22 Detik (Lampiran E)

n = Jumlah Pengisian *Bucket* Penuh Alat Angkut = 6

C = kapasitas baku alat gali-muat = 2,1 m^3 (lampiran C)

BFF = *Bucket Fill Factor* = 93%

SF = Faktor Pengembangan = 0,67

di mana, Cam = n x C x BFF

= 6 x 2,1 x 0,93 = 11,718

Q = $\frac{3.600}{1231} x\ 11{,}71\ x\ 0{,}67\ x\ 0{,}82$ = 18,81 Bcm/jam x 1,26 ton/m^3

= 23,70 ton/jam x 12 unit = 284,4 Ton/Jam

Produksi 1 bulan = Produksi/Jam x waktu kerja efektif/hari x Hari Kerja/Bulan

= 284,4 Ton/Jam x 20 jam/hari x25 hari/bulan

= 142.200 Ton/bulan

Tabel 4.7

Kemampuan Produksi *Exacavator* dan *Dump truck* Saat ini

No.	Jenis Alat	Produksi (ton/bulan)
1.	*Excavator* Volvo EC 480 DL	286.016
2.	*Dump Truck* CWE QUESTER 28064R	142.200

4.7 Keserasian Kerja *(Match Factor)*

Berdasarkan data hasil pengamatan waktu edar dan jumlah alat yang digunakan, maka besarnya faktor keserasian kerja alat muat dan alat angkut adalah 0,65 dengan waktu edar alat muat sebesar 0,28 menit dengan jumlah curah sebanyak 6 bucket serta waktu edar alat angkut sebesar 20,52 menit.

- Jumlah *dump truck* CWE QUESTER 28064R (Na) = 12 unit
- Jumlah *excavator* Volvo EC 480DL (Nm) = 2 unit
- Waktu edar rata-rata alat muat (Ctm) = 0,28 menit
- Waktu edar rata-rata alat angkut (Cta) = 20,52 menit

MF = $\frac{12\ x\ (6\ x\ 0{,}28)}{2\ x\ 20{,}52}$

MF = 0,49

Berdasarkan dari hasil perhitungan *match factor* yang dilakukan sebesar 0,49 dimana nilai *match factor* tersebut jauh dari nilai match factor yang ideal yaitu 1. Bila dilihat dimana nilai *match factor* yang kurang dari 1, berarti jumlah *dump truck* yang ada sekarang kurang sehingga faktor kerja untuk alat muat tidak maksimal. Sehingga diperlukan adanya penambahan alat muat.

BAB V
PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengolahan data lapangan pada kegiatan pemuatan dan pengangkutan batubara di OPB 4 Satker Penbara Blok Timur PT Bukit Asam Tbk mempunyai target pemindahan batubara sebesar 300.000 ton/bulan. Pencapaian pemindahan aktual di lapangan saat ini tidak tercapai sehingga yang hanya 142.200 ton/bulan sehingga perlu dilakukan analisis agar target pemindahan dapat tercapai. Untuk memenuhi target pemindahan yang diinginkan perusahaan, diperlukan upaya-upaya perbaikan dengan memperhatikan faktor-faktor penyebab tidak tercapainya target pemindahan di lapangan.

5.1 Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengolahan data di lapangan pada kegiatan pemindahan/pengangkutan batubara untuk alat muat menggunakan *excavator* Volvo EC 480 DL dan untuk alat angkut menggunakan *dump truck* CWE QUESTER 28064R di OPB 4 dimana PT. Bukit Asam, Tbk mempunyai target pemindahan batubara sebesar 300.000 ton/bulan.

5.1.1 Kemampuan Produksi Alat Muat

Untuk memenuhi target pemindahan batubara saat ini, perusahaan menggunakan 2 unit *excavator* Volvo EC 480 DL. Tetapi pencapaian pemindahan batubara aktual di OPB 4 pada September 2018 hanya sebesar 286.016 ton/bulan untuk 2 unit *excavator* Volvo EC 480 DL tersebut, dimana pencapaian pemindahan batubara tersebut masih tidak memenuhi target pemindahan batubara yang ditetapkan oleh PT. Bukit Asam, Tbk sebesar 300.000 ton/bulan.

5.1.2 Kemampuan Produksi Alat Angkut

Sedangkan untuk memenuhi target pemindahan batubara saat ini, PT. Bukit Asam, Tbk. menggunakan *dump truck* CWE QUESTER 28064R sebanyak 16 unit. Dimana dari 16 unit yang tersedia hanya 12 unit *dump truck* CWE

QUESTER 28064R dikarenakan 4 unit mengalami kerusakan/*breakdown.* Dari 12 unit yang beroperasi menghasilkan produksi total 142.200 ton/bulan yang berarti target pemindahan/pengangkutan batubara yang direncanakan belum tercapai yaitu sebesar 300.000 ton/bulan.

Sehingga perlu dilakukan analisa dan penelitian terhadap alat-alat mekanis yang ada saat ini sudah bekerja secara optimal atau belum, agar terget pemindahan/pengangkutan yang direncanakan dapat tercapai.

5.2 Analisis Faktor Penyebab Belum Tercapainya Target Produksi

Setelah dilakukan perhitungan produksi untuk 2 unit *excavator* sebagai alat muat didapatkan pencapaian sebesar 286.016 ton/bulan, sedangkan untuk 12 unit *dump truck* CWE QUESTER 28064R didapatkan pencapaian pemindahan sebesar 142.200 ton/bulan dimana belum dapat memenuhi target pemindahan yang ditetapkan oleh perusahaan sebesar 300.000 ton/bulan. Maka dilakukan analisis untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mengakibatkan belum tercapainya target pemindahan tersebut.

5.2.1 Kondisi Lapangan

Untuk kondisi lapangan pada front kerja alat muat dan alat angkut relatif luas dan datar begitupun dengan landasan alat muat yang baik, sedangkan untuk faktor-faktor yang mempengaruhi belum tercapainya target pemindahan sebesar 300.00 ton/bulan yang ditemukan dilapangan ialah sebagai berikut :

a. Metode Pemuatan

   Pemuatan batubara dilakukan dengan *excavator* Volvo EC480DL sebanyak 6 bucket ke dalam setiap bak *dump truck*. Berdasarkan posisi alat muat dan alat angkut, pola penggalian dan pemuatan yang digunakan pada lokasi *temporary stock* 3B adalah pola *top loading* dimana posisi *excavator* lebih tinggi dari posisi *dump truck*. Dengan menggunakan metode ini maka alat muat akan lebih leluasa dalam memposisikan diri dalam memuat material ke alat angkut, dan dengan demikian waktu edar dari alat muat akan lebih pendek.

Berdasarkan penempatan *excavator*, di lokasi *temporary stock* 3B menggunakan pola *single back up*. Pada pola ini *dump truck* menempatkan diri untuk dimuati pada satu tempat. Setelah *truck* pertama selesai dimuat maka *dump truck* kedua akan menempati diri dengan posisi yang sama dengan posisi *dump truck* pertama pada saat dimuati oleh alat *excavator*. Digunakan pola *single back up* karena medan kerjanya tidak memungkinkan untuk digunakan pola pemuatan *double back up*.

b. Lebar Jalan Angkut

Berdasarkan pengamatan kondisi lebar jalan angkut dari TS 3B yang menuju *live stock* TLS 4 pada jalan lurus untuk satu jalur antara 9 – 9,5 m. Secara teori lebar jalan angkut minimum untuk satu jalur sebesar 5 m. Lebar jalan lurus untuk 2 jalur dilapangan sebesar 9,5 m dimana lebar minimum sebesar 8,75 m. Lebar jalan angkut pada tikungan hanya 6,5 – 7,1 m dimana lebar jalan minimum pada tikungan minimum untuk satu jalur 5,43 m dan untuk dua jalur 13,36 m sehingga pada tikungan hanya memungkinkan untuk dilewati satu *dump truck*. Sedangkan untuk lebar jalan lurus sudah memenuhi untuk dilalui oleh dua *dump truck*. Pada beberapa segment tidak memenuhi lebar jalan minimum, seperti di segmen 4, segmen 6, segmen 9, dan segmen 10 sehingga diperlukan perlebaran jalan agar dapat mengurangi waktu edar dari *dump truck*

c. Kemiringan Jalan

Berdasarkan pengamatan dilapangan, jalan angkut relatif landai dengan *grade* jalan maksimum sebesar 8,61%. Dengan *grade* jalan terbesar 8,61% *dump truck* CWE QUESTER 28604R dapat melewatinya.

d. *Superelevasi*

Superelevasi yang ada dilapangan saat ini sebesar 81 cm, sedangkan berdasarkan perhitungan *superelevasi* yang dilalui oleh alat *dump truck* sebesar 26 cm. *Superelevasi* yang ada saat ini telah memenuhi syarat yang ditentukan, karena lebih besar dari *superelevasi* secara teoritis sebagai berikut.

Nilai superelevasi : 0,04 m/m

Lebar jalan pada tikungan : 6,5 m

Beda tinggi (*Superelevasi)* = 0,04 m/m x 6,5 m = 0,26 m = 26 cm

e. Jari-jari Pada Tikungan

Berdasarkan perhitungan jari-jari tikungan minimum yang dapat dilalui oleh alat angkut *dump truck* CWE Quester 2864R adalah 22,81 m. Jari-jari tikungan yang ada pada jalan angkut dari *Temporary Stockpile* 3B/TS 3B menuju *Train Loading Station 4/*TLS 4 sebesar 27,5 m, 28,3 m, 25,2 m, 24,6 m, dan 25,7 m, sehingga jari-jari tikungan yang ada saat ini sudah memenuhi syarat karena lebih besar dari jari-jari tikungan minimum. (Lampiran D)

f. Jumlah Alat Angkut yang Beroperasi

Dari data yang diperoleh selama bulan September 2018, jumlah *dump truck* yang bekerja hanya 12 unit dari jumlah keseluruhan *dump truck* sebanyak 16 unit. Hal ini dikarenakan ke 4 alat angkut mengalami kerusakan atau *breakdown.*

5.2.2 Efisiensi Kerja Alat Muat dan Alat Angkut

Hasil kerja alat saat ini diperoleh efisiensi kerja *excavator* Volvo EC 480 DL sebesar 83,3% dan efisiensi kerja *dump truck* CWE QUESTER 28064 R sebesar 81,7% (Lampiran G). Efisiensi kerja yang didapatkan pada OPB 4 dapat dikategorikan baik, dimana nilai efisiensi kerja masih berada di atas 80%.

5.2.3 Faktor Keserasian Kerja *(Match Factor)*

Hasil dari perhitungan diperoleh keserasian kerja alat pada saat ini untuk 2 unit *excavator* Volvo EC 480 DL dengan 12 unit *dump truck* CWE QUESTER 28064 R sebesar 0,49 dengan waktu tunggu alat muat selama 3 menit 8 detik. Nilai MF < 1 berarti keadaan ini menunjukkan kerja alat angkut 100% sedangkan alat muat kurang dari 100%.

Setelah dilakukan analisis, diperoleh masalah penyebab tidak tercapainya target produksi yang direncanakan yaitu berupa kurang idealnya kombinasi kerja dari alat muat dan alat angkut saat ini. Nilai keserasian kerja saat ini adalah 0,49 yang berarti nilai ini jauh dari nilai ideal sebesar 1. Maka diperlukan penambahan

dump truck CWE QUESTER 28064 R sehingga faktor keserasian kerja meningkat dan dapat mengurangi waktu tunggu bagi alat muat.

5.2.4 Upaya Perbaikan

Sedangkan upaya-upaya yang dapat dilakukan agar target pemindahan sebesar 300.000 ton/bulan dapat terpenuhi ialah sebagai berikut.

a. Perbaikan Jalan angkut

   Dibeberapa titik terutama tikungan lebar jalan angkut tidak dapat dilalui dua unit *dump truck* sehingga saat berpapasan di tikungan salah satu *dump truck* harus mengalah untuk memberikan jalan. Sehingga diperlukan perlebaran jalan pada titik-titik yang tidak memenuhi standar minimum lebar jalan angkut, yaitu segment 4 yang semula memiliki lebar 7,0 m diperlebar menjadi 13,36 m, segment 6 yang semula 6,5 m diperlebar menjadi 13,36 m, segment 9 yang semula 8,2 m diperlebar menjadi 13,36 m dan segment 10 yang semula 7,1 m diperlebar menjadi 8,75 m. Perubahan lebar jalan ini diharapkan dapat mengurangi waktu edar dari *dump truck*.

b. Pengurangan Waktu Edar Alat Muat dan Alat Angkut

   Salah satu faktor yang menyebabkan target produksi tidak tercapai ialah waktu edar *excavator* dan *dump truck* yang terlalu besar sehingga efisiensi kerja berkurang. Dengan perbaikan jalan waktu edar dari *dump truck* diharapkan dapat berkurang karena tidak adanya waktu tunggu bagi *dump truck* untuk melewati tikungan secara bergantian. Sedangkan hal yang membuat *excavator* memiliki waktu edar yang besar ialah sebelum pemuatan ke *dump truck*, *excavator* mensortir terlebih dahulu batuan *pack* maupun bongkahan batubara yang besar. Hal ini dikarenakan batubara yang dibawa dari *front* penambangan langsung ditempatkan ke TS 3B tanpa ada penanganan terlebih dahulu di areal penambangan. Setelah dilakukan perbaikan jalan diharapkan waktu edar *dump truck* akan berkurang yang semula 20,52 menit menjadi 18,33 menit. Sedangkan *excavator* akan berkurang waktu edarnya yang semula 17,22

detik menjadi 15,32 detik setalah dilakukan penanganan batubara di areal penambangan terlebih dahulu.

c. Untuk mencapai target pemindahan batubara sebesar 300.000 ton/bulan maka perlu dilakukan upaya atau alternatif perbaikan untuk memenuhi sasaran produksi tersebut. Upaya yang pertama kali dilakukan untuk meningkatkan target produksi pemindahan batubara di OPB 4 adalah dengan melakukan optimalisasi *dump truck* yang ada, dengan menggunakan semua *dump truck* yang sejumlah 16 unit,dan dengan perbaikan cycle time dari *dump truck* maka didapat produksi optimal dari ke 16 alat angkut ialah.

Q = $\frac{3.600}{1180} x\ 11{,}71\ x\ 0{,}67\ x\ 0{,}82$ = 19,62 Bcm/jam x 1,26 ton/m^3

= 24,73 ton/jam x 16 unit = 395,7 Ton/Jam

Produksi 1 bulan = Produksi/Jam x waktu kerja efektif/hari x Hari Kerja/Bulan

= 379,2 Ton/Jam x 20 jam/hari x25 hari/bulan = 197.845 Ton/bulan

Perhitungan *Match Factor* setelah dilakukan optimalisasi pada alat muat dan angkut yang ada.

- Jumlah *dump truck* CWE QUESTER 28064R (Na) = 16 unit
- Jumlah *excavator* Volvo EC 480DL (Nm) = 2 unit
- Waktu edar rata-rata alat muat (Ctm) = 0,27 menit
- Waktu edar rata-rata alat angkut (Cta) = 18,33 menit

MF = $\frac{16\ x\ (6\ x\ 0{,}27)}{2\ x\ 18{,}33}$ = 0,71

Setelah dilakukan pengoptimalan kinerja *excavator* yang sudah ada, maka didapat kenaikan produksi alat muat dari 142,200 ton/bulan menjadi 197.845 ton/bulan. Dari data tersebut dapat dilihat meskipun telah dilakukan pengoptimalan *dump truck* yang sudah ada tetap saja target pemindahan belum dapat terpenuhi yaitu sebesar 300.000 ton/bulan.

Kombinasi 2 unit *excavator* Volvo EC 480 DL dengan 16 unit *Dump Truck* CWE QUESTER 28064 R dengan cycle time aktual, berdasarkan perhitungan didapatkan *match factor* sebesar 0,65. Dan dengan kombinasi dua jenis alat

mekanis ini menghasilkan produktivitas sebesar 197.845 ton/bulan, sehingga target pemindahan sebesar 300.000 belum tercapai.

Maka kombinasi dua jenis alat ini membutuhkan penambahan 9 unit *dump truck*.

Q = $\frac{3.600}{1180} x$ 11,71 x 0,67 x 0,82 = 19,62 Bcm/jam x 1,26 ton/m^3

= 24,72 ton/jam x 25 unit = 618 Ton/Jam

Produksi 1 bulan = Produksi/Jam x waktu kerja efektif/hari x Hari Kerja/Bulan

= 618 Ton/Jam x 20 jam/hari x25 hari/bulan

= 309.000 Ton/bulan

Perhitungan *Match Factor* setelah dilakukan penambahan alat muat sebanyak 9 unit.

- Jumlah *dump truck* CWE QUESTER 28064R (Na)= 25 unit
- Jumlah *excavator* Volvo EC 480DL (Nm) = 2 unit
- Waktu edar rata-rata alat muat (Ctm) = 0,27 menit
- Waktu edar rata-rata alat angkut (Cta) = 18,33 menit

MF = $\frac{16 \; x \; (6 \; x \; 0{,}27)}{2 \; x \; 18{,}33}$ = 1,15

Tabel 5.1

Perbandingan Sebelum dan Sesudah Perbaikan

No.	Parameter	Sebelum Perbaikan	Setelah Optimalisasi	Setelah Penambahan Alat Angkut
1.	Jumlah alat muat	2	2	2
2.	Jumlah alat angkut	12	16	25
3.	Faktor Keserasian (MF)	0,49	0,71	1,15
4.	Produksi Yang dicapai (Ton/bulan)	142.200	197.845	309.000

Setelah dilakukan penambahan 9 unit *dump truck* menghasilkan produktivitas sebesar 309.000 ton/bulan dari produktivitas aktual sebesar 142.200 ton/bulan. Nilai keserasian kerja pun turut meningkat menjadi 1,15 dari yang semula 0,49 dan 0,65 setelah dioptimalkan dengan waktu edar bagi *dump truck* rata-rata selama 15,32 detik dari semula 17,22 detik, dan *excavator* selama 18,33 menit dari semula 20,52 menit. Dengan dilakukan penambahan unit *dump truck* nilai keserasian kerja telah mendekati nilai ideal yaitu 1 dan hal ini berpengaruh dengan tercapainya target pemindahan sebesar 300.000 ton/bulan.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan perhitungan dari bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Produksi alat muat untuk pemindahan batubara di OPB 4 pada bulan September 2018 sebesar 286.616 ton/bulan dan untuk alat angkut sebesar 142.200 ton/bulan. Hal ini mengakibatkan target pemindahan batubara di OPB 4 untuk saat ini masih belum terpenuhi, dimana target pemindahan batubara di OPB 4 adalah sebesar 300.000 ton/bulan.

2. Faktor-faktor penyebab target pemindahan batubara sebesar 300.000 ton/bulan tidak terpenuhi ialah :
   a. Kurang lebarnya jalan pada segmen 4, segmen 6, segmen 9, dan segmen 10 yang hanya memiliki lebar 6,5-8,2 m. Dimana lebar jalan minimumnya ialah 8,75 m dan 13,35 m. Sehingga tidak dapat dilalui oleh dua unit alat angkut sekaligus yang menyebabkan bertambahnya waktu edar alat angkut.
   b. Tidak adanya penanganan batubara sebelum masuk ke TS 3B sehingga alat muat memiliki pekerjaan tambahan yaitu harus menyortir terlebih dahulu batubara yang akan dimuat ke alat angkut.
   c. Kurangnya jumlah alat angkut saat ini yang berjumlah 12 unit mengakibatkan *match factor* hanya menghasilkan nilai sebesar 0,49 dan hal ini sangat jauh dari standar *match factor* yang baik yaitu 1.
   d. Penggunaan alat angkut tidak dapat maksimal akibat rusak/ *breakdown.* Dari data bulan September rata-rata terdapat 4 unit alat angkut yang mengalami kerusakan/*breakdown* dari total 16 unit alat angkut yang dimiliki.

6.2. Saran

Saran yang dapat diberikan ialah sebagai berikut :

1. Agar target produksi pemindahan batubara pada OPB 4 satker Penbara Blok Timur dapat tercapai, maka diperlukan adanya penambahan alat angkut *dump truck* CWE QUESTER 28064 R sebanyak 9 unit. Setelah dilakukan penambahan alat angkut didapat kenaikan volume pemindahan sebesar 309.000 ton/bulan untuk alat angkut dan 321.470 ton/bulan untuk alat muat, sehingga target pemindahan dapat tercapai.
2. Sedangkan saran yang dapat diberikan untuk mengatasi faktor-faktor yang mengakibatkan tidak tecapainya target produksi ialah :
   a. Perbaikan dan perawatan jalan pada beberapa titik yaitu segmen 4 diperlebar menjadi 13,36 m yang semula 7,0 m, segmen 6 diperlebar menjadi 13,36 m yang semula 6,5 m, segmen 9 diperlebar menjadi 13,36 m, yang semula 8,2 m, dan segmen 10 diperlebar menjadi 8,75 m yang semula 7,1 m.
   b. Diperlukan penanganan batubara terlebih dahulu sebelum diangkut menuju ke TS 3B agar alat muat tidak perlu menyortir material yang akan dimuat ke alat angkut, dan diharapkan waktu edar alat muat dapat berkurang menjadi 15,32 detik yang semula 17,22 detik.
   c. Untuk mengatasi kurang serasinya kombinasi alat muat dan alat angkut saat ini maka diperlukan penambahan alat angkut berupa 9 unit *dump truck* CWE QUESTER 28064 R, sehingga *nilai match* factor meningkat menjadi 1,15 dimana *nilai match* factor tersebut sudah mendekati 1.
   d. Diperlukan adanya perbaikan dan perawatan alat angkut secara intensif dan berkala, sehingga tidak ada alat angkut yang rusak/*breakdown* terlalu lama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hustrulid, W. And Kuchta M., 1998, *Open Pit Mine Planning & Design*, Volume 1, A.A. Balkema, Rotterdam.
2. Kaufman, W.W and Ault, J.C, 1977, *Design Of Surface Mine Haulage Roads – A Manual*, United Stated Departement of The Interior, Berau of Mines.
3. Rochmandi., 1992, *Alat Alat Berat dan Penggunaannya*, Penerbit YBPPU, Jakarta.
4. Rochmandi., 1986, *Kapasitas dan Produksi Alat-alat Berat*, Penerbit YBPPU, Jakarta..
5. SNI 13-5014-1998, 1998, *Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara*, Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
6. Tannant, Dwayne D. And Bruce Regensburg, 2001, *Guidelines for Mine Haul Road Design*, School of Engineering University of British Columbia.
7. Waterman, S, 2017, *Perencanaan Tambang*, Program Studi Teknik Pertambangan, UPN " Veteran" Yogyakarta**.**
8. Yanto, I, 2014, Pemindahan Tanah *Mekanis*, Program Studi Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta.
9. _____, 2012, *Volvo Equipment Handbook, North America.*
10. _____, 2014, *UD Trucks Handbook, Jepang*.

LAMPIRAN A

DATA CURAH HUJAN

Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	De
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(
401	374	163	544	152	101	90	69	223	192	366	
418	181	279	428	124	142	17	84	142	337	178	
310	195	200	335	192	87	90	86	107	211	148	
429	496,9	398,1	373,8	333	127,8	132,3	130,5	190,7	245,1	335,5	1
216,15	219,45	216,03	351,76	338,65	153,85	44,3	39,45	57,25	188,85	454,65	3
240,95	402,4	165,15	189,75	170,15	98,2	42,55	33,45	97,7	340	315,35	7
534,15	260,85	332,45	319,4	697,8	72,85	445,4	105,3	262,5	226,3	299,05	4
378,6	462,2	418,6	181,9	199,6	228,3	137,5	125,2	23,6	45	315,8	4
119,9	330,2	335,7	385,7	30,5	47,2	39	152,1	17,6	21,6	297,4	
536,5	380,8	701,2	476,2	244,3	118,4	88,3	65,1	232,2	347,6	494,9	
165,3	513,4	378,2	296,6	314,3	105,9	76,8	132,6	-	-	-	
3749,55	3816,2	3587,43	3882,11	2796,3	1282,5	1203,15	1022,7	1353,55	2154,45	3204,65	3
40,868182	346,9273	326,13	352,9191	254,2091	116,5909	109,3773	92,97273	135,355	215,445	320,465	3

Sumber : OPB 4 Satket Penbara Blok Timur PT. Bukit Asam, 2018

Rata – rata hujan per tahun = 2879,826 mm/tahun

LAMPIRAN B

SPESIFIKASI ALAT ANGKUT

Dump Truck CWE QUESTER 28064R

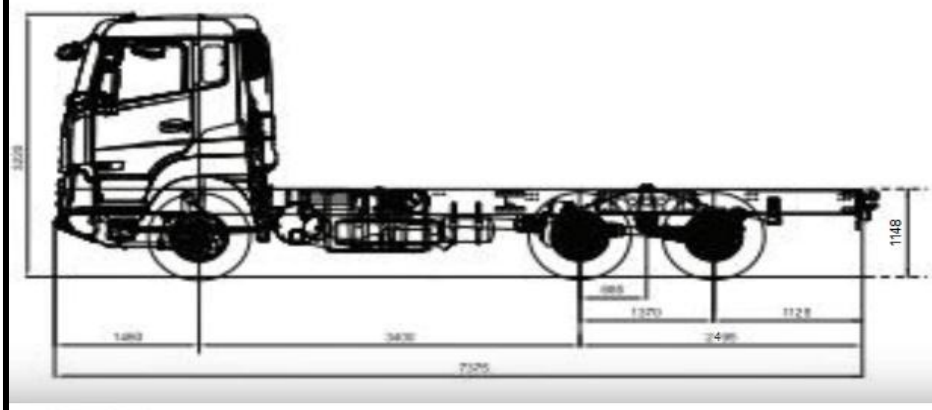
ENGINE	
Make & model:	UD GH8E 280
Type:	6 cylinder inline, overhead camshaft, common rail injection system, water cooled, turbocharged with intercooler
Emission norm:	Euro III
Bore x stroke:	110 mm x 135 mm
Total piston displacement:	7,698 cc
Max output:	280 hp (206 kW) @ 2,200 rpm
Max torque:	1,050 Nm @ 1,100 - 1,700 rpm
Compression ratio:	17.5:1
Lubrication system:	Forced feed lubrication system with filters
Air cleaner:	Double stage paper element
CLUTCH	
Type:	CS42-O; pull type with dry single plate, air assisted
Plate diameter:	420 mm
CAB	
Type:	Forward control, all steel welded contruction, tilting cab with suspension and hydraulic shock absorbers
Cab features:	Aerodynamic design; sleeper cab with sleeping bunk and under bunk storage; steel bumper; dirt deflectors; manual cab tilting
Cab colours:	Crimson Red (Calm White, Primary Yellow and Forest Green available as option)
OTHER STANDARD FITMENTS	
	Air conditioning system Fuel coaching system Radiator screen Engine guard Basic tool kit 20 ton jack Warning triangles (x2)
PERFORMANCE*	
GVW Rating:	34 tonnes
Max. speed:	96 kmph
Gradeability:	31% on crawler gear
GEARBOX	
Make & model:	UD ST1199
Type:	9 speed synchromesh (except crawler and reverse); max engine torque 1,190 Nm
Gear ratios:	1st - 12.11; 2nd - 8.08; 3rd - 5.96; 4th - 4.42; 5th - 3.36; 6th - 2.41; 7th - 1.77; 8th - 1.32; 9th - 1.00; Reverse - 12.66
Gear shift:	Mechanical wire operated
PTO:	Gearbox mounted PTO with DIN/Flange connection (PTR-D/PTR-F)
FINAL DRIVE	
Type:	UD RTH2611; UD tandem axle with hub reduction; spiral bevel gear type with differential lock between axles (interaxle)
Final ratio:	5.79 (4.87 and 5.24 available as option)
CHASSIS	
Front axle type:	Drop forged steel "I" section
Rear axle type:	Full floating, pressed steel banjo housing type
Chassis frame type:	Thermo mechanically rolled, ladder type
Chassis frame dimension:	300 mm x 90 mm x 8 mm
Chassis frame reinforcement:	5 mm thick from end of engine to end of frame, dimensions: 277 mm x 80 mm x 5 mm
Steering:	Recirculating ball screw type with hydraulic power assistance, adjustable tilt/telescopic
SUSPENSION	
Front:	Parabolic leaf springs with anchor at front and shackle at rear, telescopic type shock absorber; front stabilizer
Capacity:	8,000 kgs
Rear:	Lubrication free Leaf spring suspended bogie for tandem drive axle; Rubber journalled V-stays and reaction rods; no. of leaves - 11; rear spring width - 75 mm
Capacity:	26,000 kgs
BRAKES	
Service brakes:	Full air, drum, S-cam type brakes with automatic slack adjuster
	Front: Internal expanding leading and trailing type shoes
	Rear: Internal expanding leading and trailing type shoes
Parking brakes:	Pneumatically controlled spring brakes operated by hand control lever, acting on front and first rear axles
Auxiliary brake:	Exhaust Pressure Governor (EPG) type

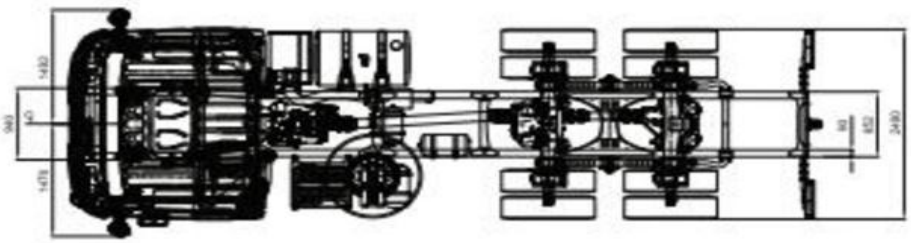
CAB	
Type:	Forward control, all steel welded contruction, tilting cab with suspension and hydraulic shock absorbers
Cab features:	Aerodynamic design; sleeper cab with sleeping bunk and under bunk storage; steel bumper; dirt deflectors; manual cab tilting
Cab colours:	Crimson Red (Calm White, Primary Yellow and Forest Green available as option)

OTHER STANDARD FITMENTS		
	Air conditioning system	Basic tool kit
	Fuel coaching system	20 ton jack
	Radiator screen	Warning triangles (x2)
	Engine guard	

PERFORMANCE*	
GVW Rating:	34 tonnes
Max. speed:	96 kmph
Gradeability:	31% on crawler gear

WEIGHTS (Chassis with cab - kgs)*		
Front axle: 4,450	Rear axle: 4,100	Total: 8,550
Max. on front: 8,000	Max. on rear: 26,000	
Permissible gross vehicle weight: 34,000		





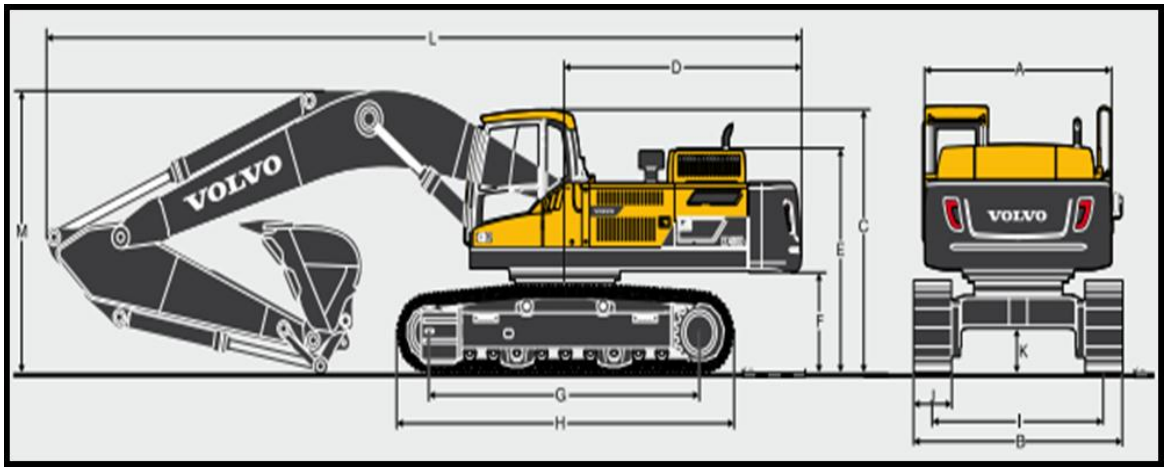
DIMENSIONS (mm)			
Wheelbase (WB)	3,400	Front Overhang (FOH)	1,480
Overall Length (OL)	7,375	Rear Overhang (ROH)	1,125
Overall Width (OW)	2,500	Ground Clearance	275
Minimum Turning Circle Radius 7.3 m (kerb to kerb)			
OTHER WHEELBASE OPTIONS (mm): 3,900 and 4,300			

LAMPIRAN C

SPESIFIKASI ALAT GALI MUAT

***Excavator* Volvo EC480DL**

Merk	: Volvo
Type	: EC480DL
Model Engine	: D13H
Net Power	: 256 hp
Kapasitas *Bucket*	: 2,1 m^3
Berat	: 48.600 kg
Kapasitas bahan bakar	: 685 liter
Performance	
Swing speed	: 8,8 rpm
Max travel speed	: 4,5 km/jam
Gradeability	: 35° (70%)
Dimensi alat	
Panjang	: 11.630 mm
Tinggi	: 3.257 mm
Lebar	: 3.440 mm



Gambar C.1

Dimensi Volvo EC480DL

Tabel C.1

Dimensi Volvo EC480DL

Keterangan	Dimensi (mm)
A	2.990
B	3.440
C	3.257
D	3.800
E	2.770
F	1.275
G	4.370
H	5.370
I	2.740
J	700
K	550
L	11.630
M	3.770

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN GEOMTERI JALAN ANGKUT

Dalam penggunaan jalan angkut ada beberapa geometri yang perlu diperhitungkan, diantaranya lebar jalan minimun pada jalan lurus dan pada tikungan untuk dilalui dua alat angkut. Penentuan lebar jalan angkut sangat penting dalam kelancaran dan keberhasilan kegiatan operasi pengangkutan.

D.1 LEBAR MINIMUM JALAN ANGKUT PADA JALAN LURUS

Penetuan lebar jalan minimum untuk jalan lurus didasarkan pada *AASHTO Manual Rural High Way Design*, yaitu jumlah jalur kali lebar *truck* kiri kanan ditambahkan setengah lebar *dump truck*. Dapat juga dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\boldsymbol{L = n.Wt + (n + 1)(1/2.Wt)}$$

Keterangan :

L = lebar pada jalan lurus

N = jumlah jalur

Wt = lebar alat angkut,m

Perhitngan lebar jalan lurus untuk 2 jalur alat angkut :

$L = (n\ x\ Wt) + (n + 1)(1/2.Wt)$

L = (2 x 2,5) + (2+1)(1/2,5)m

L = 8,75 meter

Jadi, lebar jalan angkut minimum pada jalan lurus adalah 8,75 meter.

Perhitungan lebar jalan lurus untuk 1 jalur alat angkut :

L = (1 x 2,5) + (1+1) x (½ x 2,5)m

L = 5 meter

Jadi lebar jalan lurus minimum untuk 1 jalur alat angkut adalah 5 m.

D.2 LEBAR MINIMUM JALAN ANGKUT PADA TIKUNGAN

Penentuan lebar jalan angkut pada tikungan dapat dihitung dengan rumus (Walter W Kaufman and James C Ault, 1977) :

W = 2 (U + Fa + Fb + Z) + C

di mana, C = Z = 2 (U + Fa + Fb)

Fa = ad. Sin α

Fb = ad. Sin α

Keterangan :

W = lebar jalan angkut pada tikungan, m.

Fa = lebar juntai depan, m.

Fb = lebar juntai belakang, m.

Ad = jarak as roda depan dengan bagian depan truck, m.

Ab = jarak as roda belakang dengan bagian belakang truck, m.

α = sudut penyimpangan (belok) roda depan.

U = jarak jejak roda kendaraan, m.

C = jarak antar truck, m.

Z = jarak sisi luar truck ketepi jalan, m.

Dimensi *dump truck* komatsu HD 785 adalah sebagai berikut :

- Jarak antara as depan dan as belekang = 4,3 m
- Jarak antara poros depan dengan bagian depan (fa) = 1,48 m
- Jarak sumbu roda belakang dengan bagian belakang (fb) = 1,125 m
- Jarak antara jejak roda ban = 2,1 m
- Radius putar = 7,3 m
- Sudut penyimpangan roda = 36º

Dari data dimensi tersebut dapat dihitung lebar jalan pada tikungan, yaitu :

Fa = 1,480 m × sin 36° = 0,86 m

Fb = 1,125 m × sin 36° = 0,66 m

di mana, C = Z = ½ (U+Fa+Fb)

= ½ (2,100 + 0,86 + 0,66)

= 1,81 m

Jadi lebar jalan angkut minimum pada tikungan 1 jalur adalah :

W_{min} = 1 (U + Fa + Fb + Z)

= 1 (2,100 + 0,86 + 0,66 + 1,81) m

= 5,4 meter

Jadi lebar jalan angkut minimum pada tikungan 2 jalur adalah :

W_{min} = 2 (U + Fa + Fb + Z) + C

= 2 (2,100 + 0,86 + 0,66 + 1,81) m + 2,5 m

= 13,36 meter

D.3 SUPERELEVASI

Nilai superelevasi : 0,04 m/m

Lebar jalan pada tikungan : 6,5 meter

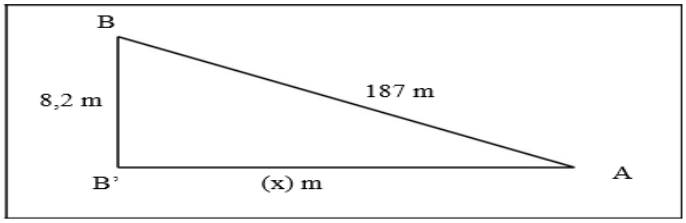
Beda tinggi = 0,04 m/m x 6,5 m

= 0,26 m = 26 cm

Superelevasi yang dilalui oleh truk adalah sebesar 26 cm. Sedangkan dari hasil pengamatan dan perhitungan dilapangan, superelevasi jalan angkut sebesar 81 cm sehingga superelevasi jalan angkut sudah memenuhi syarat

D.4 JARAK DAN KEMIRINGAN JALAN ANGKUT

Jarak dan kemiringan jalan angkut yang dilalui *articulated dump truck* dibagi menjadi beberapa segmen. Untuk tiap segmen jalan angkut, jarak dan kemiringannya dapat dihitung. Jika A – B adalah jarak sebenarnya, maka jarak datar yaitu A –B' dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar D.1

Kemiringan jalan

Jarak A – B’ $= \sqrt{AB^2 - BB^2}$

$= \sqrt{187^2 - 8{,}2^2}$

= 186,82 meter

Grade = $\frac{BB'}{AB'}$ x 100% = $\frac{8{,}2\ m}{186{,}82m}$ x 100% = 4,38%

Dengan cara seperti diatas, maka jarak dan kemiringan jalan pengangkutan untuk masing-masing segmen dapat diketahui.

Tabel D.1

Geometri Jalan Angkut TS 3B – *Live Stock* TLS 4

Segment	Beda Tinggi (m)	Kemiringan (%)	Lebar di Lapangan (m)	Lebar Teoritis (m)	Keterangan	Jarak (m)
1	8,2	-4,38	9,2	8,75	Memenuhi	187
2	10,2	+3,27	9,2	8,75	Memenuhi	312
3	5,62	-3,25	9,3	8,75	Memenuhi	173
4	0,8	-2,67	7,0	13,36	Tidak Memenuhi	30
5	14,8	+2,05	9,1	8,75	Memenuhi	722
6	2,1	+0,75	6,5	13,36	Tidak Memenuhi	280
7	20,6	+3,77	9,2	8,75	Memenuhi	546
8	17,7	-2,39	9,3	8,75	Memenuhi	740
9	3,2	-1,47	8,2	13,36	Tidak Memenuhi	217
10	17,5	+8,61	7,1	8,75	Tidak Memenuhi	204
Total						3411

D.5 KEMIRINGAN MELINTANG *(CROSS SLOPE)*

Tujuan pembuatan cross slope adalah agar tidak terjadi penggenangan air pada badan jalan yang dapat mengakibatkan kerusakan jalan dan proses pengangkutan batubara tidak terganggu. Pembuatan cross slope dilakukan dengan membuat bagian tengah jalan lebih tinggi dari bagian tepi jalan. Harga cross slope yang diambil adalah 0,02 m/m (Hustrulid, 1995).

Untuk mengetahui nilai cross slope dapat digunakan rumus berikut :

Beda tinggi : 0,5 x Wt x 0,02 m/m

Dengan :

Wt : Lebar Jalan lurus (m)

0,02 m/m : Harga cross slope untuk jalan angkut tambang

Maka :

Cross slope = 0,5 x 8,75 x 0,02

= 0,08 m

D.6 JARI-JARI TIKUNGAN JALAN

$$R = \frac{V^2}{127\,(e + f)}$$

Keterangan :

V : Kecepatan truk, 25 km/jam

R : jari-jari tikungan, m

e : *superelevasi*, 0,04 m/m

f : koefisien gesek melintang, untuk kecepatan < 80 km/jam

f = - 0,00065 .V + 0,192

= - 0,00065 (25) + 0,192

= 0,1757

$$R = \frac{25^2}{127(0{,}04 + 0{,}1757)}$$

$$= 22{,}81 \text{ meter}$$

Jari – jari tikungan minimal yang mampu dilalui oleh truk adalah sebesar 22,81 meter. Sedangkan dari hasil pengamatan dan perhitungan dilapangan, jari-jari tikungan jalan angkut terkecil sebesar 24,6 meter sehingga jari – jari tikungan jalan angkut sudah memenuhi syarat.

LAMPXIRAN E

WAKTU EDAR ALAT ANGKUT

Tabel E.1

Cycle Time Dumptruck CWE QUESTER 28064R

No	Manuver (Second)	Loading (Second)	Hauling (Second)	Manuver (Second)	Dumping (Second)	Return (Second)	Cycle time (Minutes)
1	27	82	450	40	22	380	16,68333
2	37	88	495	47	30	435	18,86667
3	75	107	442	32	35	492	19,71667
4	33	96	471	39	19	440	18,3
5	378	79	452	29	22	470	23,83333
6	546	96	454	42	31	500	27,81667
7	317	108	530	22	23	471	24,51667
8	144	87	527	38	25	438	20,98333
9	49	100	532	42	31	454	20,13333
10	36	105	489	31	20	503	19,73333
11	40	112	392	37	23	431	17,25
12	30	107	500	29	19	467	19,2
13	65	111	505	23	20	537	21,01667
14	41	93	503	48	14	440	18,98333
15	207	99	537	29	35	528	23,91667
16	49	102	462	32	32	498	19,58333
17	40	74	440	42	32	621	20,81667
18	48	103	495	44	30	510	20,5
19	42	121	452	32	27	443	18,61667
20	37	117	502	35	23	487	20,01667
Rata-rata							20,52417

Jadi, waktu edar untuk *Dumptruck* CWE QUESTER 28064R untuk pengangkutan batubara adalah : 20,52 menit

LAMPIRAN F

WAKTU EDAR ALAT MUAT

Tabel F.1

Waktu Edar Alat Gali-Muat Excavator Volvo EC480DL (180) Untuk Pemuatan Batubara.

No	Digging (Detik)	Swing Isi (Detik)	Dumping (Detik)	Swing Kosong (Detik)	Cycle Time (Detik)
1	6	3	4	2	15
2	7	5	3	3	18
3	8	3	3	3	17
4	7	3	3	2	15
5	5	3	4	2	14
6	5	4	4	4	17
7	7	5	4	3	19
8	7	5	3	4	19
9	6	5	3	3	17
10	8	4	4	4	20
11	7	4	5	3	19
12	8	4	3	2	17
13	8	3	3	3	17
14	9	3	3	3	18
15	7	3	3	3	16
16	6	3	7	2	18
17	8	5	3	3	19
18	8	4	3	3	18
19	7	5	5	2	19
20	6	4	3	2	15
Rata-rata					17,35

Tabel F.2

Waktu Edar Alat Gali-Muat Excavator Volvo EC480DL (185) Untuk Pemuatan Batubara

No	Digging	Swing Isi	Dumping	Swing Kosong	Cycle Time
	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)	(Detik)
1	10	4	2	3	19
2	10	4	3	3	20
3	4	4	7	8	23
4	3	3	3	5	14
5	4	4	3	4	15
6	7	4	3	3	17
7	7	5	3	3	18
8	4	5	3	2	14
9	7	4	4	3	18
10	4	5	3	2	14
11	4	7	4	3	18
12	4	6	5	4	19
13	3	5	5	7	20
14	3	4	3	4	14
15	8	3	3	3	17
16	5	4	3	4	16
17	3	3	3	4	13
18	7	3	4	4	18
19	4	4	5	4	17
20	6	3	6	3	18
Rata-rata					17,1

Waktu edar alat muat Excavator Volvo EC480DL = (17,35+17,1)/2 = 17,225 detik.

LAMPIRAN G

WAKTU KERJA EFEKTIF DAN EFISIENSI KERJA

G.1 WAKTU KERJA

Berdasarkan pengaturan waktu kerja telah ditetapkan kegiatan pemindahan batubara dalam satu hari dibagi menjadi 2 *shift*, yaitu *shift* pagi yang dimulai pukul 07.00 – 18.00 dan *shift* malam yang dimulai pukul 19.00 – 06.00 dan berlaku selama setiap hari. Dengan pembagian 6 hari *shift* pagi dilanjut dengan 6 hari *shift* malam dan satu hari off.

Tabel G.1

Jadwal Waktu Kerja Karyawan PT. Ulima Nitra

No.	Uraian	Jam	Jumlah Waktu (jam)
SHIFT PAGI			
1	Kegiatan Loading Hauling	07.00 - 12.00	10
3	Istirahat	12.00 – 13.00	
4	Kegiatan Loading Hauling	13.00 – 18.00	
SHIFT MALAM			
1	Kegiatan Loading Hauling	19.00 - 21.00	10
2	Istirahat	21.00 – 22.00	
3	Kegiatan Loading Hauling	22.00 – 06.00	
Total waktu kerja dalam sehari			20

Dari tabel diatas diperoleh jumlah jam kerja normal rata-rata perhari adalah 20 jam perhari atau 1200 menit perhari

Hari kerja efektif dalam sebulan adalah hari efektif yang diperoleh dari :

A : Asumsi hari kerja selama sebulan = 30 hari/bulan

B : Asumsi dalam sebulan terdapat 3 kali hari *off*

C : Asumsi hari hujan/bulan yang menyebabkan tidak dapat beroperasi total = 2 hari/bulan

Sehingga hari efektif kerja dalam sebulan adalah :

A – B – C = 30 hari/bulan – 3 hari/bulan – 2 hari/bulan = 25 hari/bulan.

Hasil pengamatan dilapangan mengenai waktu hambatan yang dapat dan tidak dapat dihindari alat muat serta alat angkut dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel G.2

Hambatan yang Dapat Dihindari Alat Muat

No.	Hambatan yang dapat dihindari (menit)			
	Terlambat Datang	Keperluan Operator	Berhenti Bekerja Terlalu Awal	Terlambat Bekerja
1	16	18	0	12
2	0	15	15	0
3	0	20	13	0
4	15	19	0	20
5	0	18	8	0
6	17	16	0	0
7	0	12	0	0
8	19	19	0	18
9	20	17	8	0
10	10	15	0	19
11	20	0	15	0
12	0	20	0	0
13	18	0	9	0
14	0	0	0	0
15	17	15	14	19
16	0	0	0	0
17	20	0	6	14
18	16	0	0	0
19	0	18	0	0
20	18	0	7	20
21	0	0	13	0
22	20	19	0	18
23	19	0	0	0
24	0	17	8	0
25	18	0	15	0

Tabel G.3

Hambatan yang Tidak Dapat Dihindari Alat Muat

No.	Hambatan yang Tidak Dapat Dihindari (menit)			
	Gangguan Cuaca	Kerusakan dan Perbaikan Alat	Pengisisan Bahan Bakar	Pemeriksaan dan Pemanasan Alat
1	0	0	0	17
2	0	0	0	9
3	0	30	13	0
4	0	0	0	20
5	37	0	15	0
6	0	0	0	0
7	0	21	12	12
8	0	15	0	20
9	0	17	10	10
10	48	0	0	9
11	0	0	0	0
12	0	0	14	0
13	0	0	0	0
14	60	0	0	0
15	0	25	15	14
16	0	0	0	0
17	0	0	12	17
18	0	14	0	0
19	51	0	0	20
20	0	0	0	0
21	0	0	13	0
22	0	17	0	15
23	0	0	0	0
24	0	0	15	0
25	0	0	0	0

Tabel G.4

Hambatan yang Dapat Dihindari Alat Angkut

No.	Hambatan yang dapat dihindari (menit)			
	Terlambat Datang	Keperluan Operator	Berhenti Bekerja Terlalu Awal	Terlambat Bekerja
1	16	14	0	12
2	18	0	15	0
3	0	20	13	0
4	25	0	0	20
5	0	18	18	0
6	0	0	0	0
7	0	12	0	0
8	19	15	0	18
9	22	17	17	0
10	17	0	0	20
11	0	0	0	0
12	0	20	0	0
13	25	0	19	0
14	0	0	0	0
15	17	15	14	19
16	0	0	0	0
17	21	20	6	14
18	20	0	0	0
19	0	17	0	0
20	0	0	7	19
21	0	0	13	0
22	24	19	0	15
23	19	0	0	0
24	0	20	8	0
25	18	0	17	0

Tabel G.5

Hambatan yang Tidak Dapat Dihindari Alat Angkut

No.	Hambatan yang Tidak Dapat Dihindari (menit)			
	Gangguan Cuaca	Kerusakan dan Perbaikan Alat	Pengisisan Bahan Bakar	Pemeriksaan dan Pemanasan Alat
1	0	0	0	18
2	0	0	15	10
3	0	28	0	0
4	0	0	0	17
5	37	25	12	0
6	0	0	0	0
7	0	18	14	18
8	0	40	0	20
9	0	37	10	0
10	48	0	0	20
11	0	0	12	0
12	0	0	0	0
13	0	0	10	0
14	60	0	0	0
15	0	35	15	9
16	0	0	0	0
17	0	0	14	14
18	0	0	0	0
19	51	0	0	0
20	0	0	12	0
21	0	0	10	0
22	0	27	0	17
23	0	0	0	0
24	0	0	15	0
25	0	0	0	0

Dari data diatas diambil lah data terbesar dari tiap-tiap kolomnya, dan didapat tabel dibawah ini :

Tabel G.6

Hambatan yang di dapat oleh alat berat

Hambatan		
Jenis Alat	*Excavator*	*Dump truck*
Hambatan yang dapat dihindari (menit)		
Terlambat datang	20	25
Keperluan operator	20	20
Berhenti bekerja terlalu awal	15	19
Terlambat bekerja	20	20
Total	75	84
Hambatan yang tidak dapat dihindari (menit)		
Gangguan cuaca	60	60
Kerusakan dan perbaikan peralatan	30	40
Pengisian bahan bakar	15	15
Pemeriksaan dan pemanasan alat	20	20
Total	125	135
Grand Total	**200**	**219**

Dari data dan pengamatan tersebut, dapat ditentukan waktu kerja efektif (Wke)

Wke = Wkt – (Whd + Whtd)

a. Waktu kerja efektif alat muat

$Wke_{excavator}$ = 1200 menit/hari – (75 menit/hari + 125 menit/hari)

= 1000 menit/hari

= 16,67 jam/hari

b. Waktu kerja efektif alat angkut

Wke_{truck} = 1200 menit/hari - (84 menit hari + 135 menit/hari)

= 981 menit/hari

= 16,35 jam/hari

G.2 EFISIENSI KERJA

Efisiensi kerja adalah penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai bekerja (waktu kerja efektif), dengan waktu kerja yang tersedia

Efisiensi kerja = $\frac{Wke}{Wktersedia}$ x 100%

c. Efisiensi kerja alat muat

Efisiensi kerja = $\frac{1000}{1200}$ x 100% = 83,3%

d. Efisiensi kerja alat angkut

Efisiensi kerja = $\frac{981}{1200}$ x 100% = 81,7%

LAMPIRAN H

KEMAMPUAN PRODUKSI AKTUAL ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT

Kemampuan produksi alat mekanis adalah besarnya material yang dapat dicapai oleh alat tersebut berdasrkan kondisi saat ini. Untuk mengetahui produksi alat mekanis pada operasi pengangkutan, maka dapat dilakukan perhitungan produksi alat muat dan alat angkut sebagai berikut :

2 unit *excavator* Volvo EC 480DL dikombinasikan dengan 16 unit *dump truck* CWE QUESTER 28064R.

a. Produksi Alat Muat

Dari hasil pengamatan dilapangan dan perhitungan didapat data sebagai berikut :

Volvo EC 480DL - 180

Q = 3600/Ctm x C x BFF x EFF x SF

Keterangan:

Q	=	Produktivitas alat muat (BCM/Jam)	
Ctm	=	*Cycle Time* alat muat (detik)	=17,22 Detik (Lampiran H)
C	=	Kapasitas mangkuk alat muat (m^3)	= 2,1 m^3 (lampiran C)
BFF	=	Faktor pengisian bucket (%)	= 93 % (Lampiran E)
EFF	=	Effisiensi kerja (%)	= 83,3 % (Lampiran I)
SF	=	Faktor pengembangan	= 0,67 (Lampiran F)

Q = (3600/17,22) x 2,1 x 0,93 x 0,83 x 0,67

= 225 Bcm/jam x 1,26 ton/m^3 = 283,94 ton/jam

Produksi = 283,94 ton/jam x 20 jam x 25 hari

= 141.970 ton/bulan

Volvo EC 480DL – 185

Q = (3600/17,1) x 2,1 x 0,93 x 0,83 x 0,67

= 228 Bcm/jam x 1,26 ton/m^3 = 288,09 ton/jam

Produksi = 288,09 ton/jam x 20 jam x 25 hari

= 144.046 ton/bulan

Produksi total alat muat = 141.970 ton/bulan + 144.046 ton/bulan

= 286.016 ton/bulan

b. Produksi Alat Angkut

Untuk produksi 12 (belas) unit *dump truck* CWE QUESTER 28064R dengan 6 bucket pengisian adalah :

Q = $\frac{3600}{Cta} xCamxEffxSF\ (\frac{BCM}{Jam})$

di mana, Cam = n x C x BFF

= 6 x 2,1 x 0,93 = 11,718

Keterangan :

Q	= Produksi Alat Angkut (BCM/Jam)	
Eff	= Efisiensi Kerja (%)	= 81,7 % (Lampiran I)
Cta	= Waktu Edar Alat Angkut (Menit)	= 1231 (Lampiran H)
n	= Jumlah Pengisian *Bucket* Penuh Alat Angkut	= 6
C	= kapasitas baku alat gali-muat	= 2,1 m^3 (lampiran B)
BFF	= *Bucket Fill Factor*	= 93% (Lampiran E)
SF	= Faktor Pengembangan	= 0,67 (Lampiran F)

Q = $\frac{3.600}{1231} x\ 11{,}71\ x\ 0{,}67\ x\ 0{,}82$ = 18,81 Bcm/jam x 1,26 ton/m^3

= 23,70 ton/jam x 12 unit = 284,4 Ton/Jam

Produksi 1 bulan = Produksi/Jam x waktu kerja efektif/hari x Hari Kerja/Bulan

= 284,4 Ton/Jam x 20 jam/hari x25 hari/bulan

= 142.200 Ton/bulan

LAMPIRAN I

PERHITUNGAN FAKTOR KESERASIAN KERJA ALAT

(MATCH FACTOR)

Nilai keserasian kerja *(Match Factor)* dari rangkaian alat gali-muat angkut dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Perhitungan aktual rangkaian alat mekanis di front kerja, *excavator* Volvo EC 480DL dengan *dump truck* CWE QUESTER 28064R. Dengan 6 kali pengisian.

   - Jumlah *dump truck* CWE QUESTER 28064R (Na) = 12 unit
   - Jumlah *excavator* Volvo EC 480DL (Nm) = 2 unit
   - Waktu edar rata-rata alat muat (Ctm) = 0,28 menit
   - Waktu edar rata-rata alat angkut (Cta) = 20,52 menit

   MF = $\frac{Na\ x\ (n\ x\ Ctm)}{Nm\ x\ Cta}$

   MF = $\frac{12\ x\ (6\ x\ 0{,}28)}{2\ x\ 20{,}52}$

   MF = 0,49

   Karena nilai MF < 1, maka faktor kerja alat muat *(exacavator)* kurang dari 100 % yang berarti ada waktu tunggu dari alat muat tersebut.

   Waktu tunggu untuk *excavator*

   Wtm = $\frac{Cta\ x\ Nm}{Na}$ – Ctm

   = $\frac{20{,}52\ x\ 2}{12}$ – 0,28

   = 3,14 menit = 3 menit 8 detik

Tabel I.1.

Faktor Keserasian Kerja Alat Aktual

Rangkaian kerja alat mekanis	Jumlah unit	*Match Factor*	Wtm (Meni)t
excavator Volvo EC 480DL	2	0,49	3,14
dump truck CWE QUESTER 28064R	12		

b. Perhitungan setelah dilakukan optimalisasi rangkaian alat mekanis di front kerja, *excavator* Volvo EC 480DL dengan *dump truck* CWE QUESTER 28064R. Dengan 6 kali pengisian.

- Jumlah *dump truck* CWE QUESTER 28064R (Na) = 16 unit
- Jumlah *excavator* Volvo EC 480DL (Nm) = 2 unit
- Waktu edar rata-rata alat muat (Ctm) = 0,28 menit
- Waktu edar rata-rata alat angkut (Cta) = 20,52 menit

$$MF = \frac{Na\ x\ (n\ x\ Ctm)}{Nm\ x\ Cta}$$

$$MF = \frac{16\ x\ (6\ x\ 0{,}28)}{2\ x\ 20{,}52}$$

MF = 0,65

Karena nilai MF < 1, maka faktor kerja alat muat *(exacavator)* kurang dari 100 % yang berarti ada waktu tunggu dari alat muat tersebut.

Waktu tunggu untuk *excavator*

$$Wtm = \frac{Cta\ x\ Nm}{Na} - Ctm$$

$$= \frac{20{,}52\ x\ 2}{16} - 0{,}28$$

= 2,35 menit = 2 menit 17 detik

Tabel I.2.

Faktor Keserasian Kerja Setelah Dilakukan Optimalisasi

Rangkaian kerja alat mekanis	Jumlah unit	*Match Factor*	Wtm (Meni)t
excavator Volvo EC 480DL	2	0,56	2,35
dump truck CWE QUESTER 28064R	16		

LAMPIRAN J
KEMAMPUAN PRODUKSI SETELAH DILAKUKAN PENAMBAHAN UNIT *DUMP TRUCK*, PERBAIKAN JALAN DAN PERBAIKAN CYCLE TIME ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT

Pada perhitungan Match Faktor didapatkan ketidakserasian alat pada pemidahan batubara di OPB 4. Oleh sebab itu dibutuhkan alternatif perbaikan dengan melakukan penambahan alat angkut, yang nantinya diharapkan dapat memenuhi sasaran produksi saat ini sebesar 300.000 ton/bulan.

Kombinasi 2 unit *excavator* Volvo EC 480DL dengan 16 unit *Dump Truck* CWE QUESTER 28064R, berdasarkan perhitungan didapatkan *match factor* sebesar 0,65. Karena nilai MF kurang dari 1 maka terdapat waktu tunggu bagi alat muat. Waktu tungggu alat muat tersebut selama 2 menit 17 detik. Dan dengan kombinasi 2 jenis alat mekanis ini menghasilkan produktivitas sebesar 142.200 Ton/bulan, sehingga target produksi sebesar 300.000 ton/bulan tidak tercapai. Maka kombinasi 2 jenis alat ini membutuhkan penambahan 10 unit *dump truck*. Sehingga dibutuhkan 26 unit *Dump truck* CWE QUESTER 28064R.

a. Produksi Alat Angkut

Untuk produksi setelah dilakukan penambahan 10 unit *dump truck* menjadi 25 unit *dump truck* CWE QUESTER 28064R dengan 6 kali pengisian adalah :

Q = $\frac{3600}{Cta} xCamxEffxSF \ (\frac{BCM}{Jam})$

Dimana, Cam = n x C x BFF

= 6 x 2,1 x 0,93 = 11,71

Keterangan :

Q	= Produksi Alat Angkut (BCM/Jam)	
Eff	= Efisiensi Kerja (%)	= 81,7 % (Lampiran I)
Cta	= Waktu Edar Alat Angkut (Detik)	= 1180 Detik
n	= Jumlah Pengisian *Bucket* Penuh Alat Angkut	= 6

C = kapasitas baku alat gali-muat =2,1 m³ (Lampiran C)

BFF = *Bucket Fill Factor* = 93% (Lampiran E)

SF = Faktor Pengembangan = 0,67 (Lampiran F)

Q = $\frac{3600}{1.180} x\ 11{,}71\ x\ 0{,}67 x\ 0{,}82$

= 19,62 BCM/Jam x 1,26 Ton/m³ = 24,72 Ton/Jam

= 24,72 ton/jam x 25 = 618 ton/jam

Produksi 1 bulan = Produksi/Jam x Waktu Kerja Efektif x Hari Kerja/Bulan

= 618 ton/jam x 20 jam/hari x 25 hari/bulan

= 309.000 Ton/bulan

Tabel J.1

Produksi *dump truck* CWE QUESTER 28064R setelah penambahan unit

Tipe alat mekanis	Produksi	
dump truck CWE QUESTER 28064R	Sebelum Perbaikan (ton/bulan)	Setelah Perbaikan (ton/bulan)
	142.200	309.000

b. Produksi Alat Muat

Setelah dilakukan penanganan batubara terlebih dahulu sebelum dibawa ke TS 3B, maka didapat produksi alat muat sebagai berikut :

Volvo EC 480DL - 180

Q = 3600/Ctm x C x BFF x EFF x SF

Keterangan:

Q = Produktivitas alat muat (BCM/Jam)

Ctm = *Cycle Time* alat muat (detik) =16,20 Detik

C = Kapasitas mangkuk alat muat (m³) = 2,1 m³ (lampiran C)

BFF = Faktor pengisian alat muat (%) = 93 % (Lampiran E)

EFF = Effisiensi kerja (%) = 83,3 % (Lampiran I)

SF = Faktor pengembangan = 0,67 (Lampiran F)

Q = (3600/15,20) x 2,1 x 0,93 x 0,83 x 0,67

= 257,22 Bcm/jam x 1,26 ton/m^3 = 324,09 ton/jam

Produksi = 324,09 ton/jam x 20 jam x 25 hari = 162.045 ton/bulan

Volvo EC 480DL – 185

Q = (3600/15,45) x 2,1 x 0,93 x 0,83 x 0,67

= 253,06 Bcm/jam x 1,26 ton/m^3 = 318,85 ton/jam

Produksi = 318,85 ton/jam x 20 jam x 25 hari

= 159.425 ton/bulan

Produksi total alat muat = 162.045 ton/bulan + 159.425 ton/bulan

= 321.470 ton/bulan

Tabel J.2

Produksi *excavator* Volvo EC 480DL setelah perbaikan cycle time

Tipe alat mekanis	Produksi	
excavator Volvo EC 480DL	Sebelum Perbaikan (ton/bulan)	Setelah Perbaikan (ton/bulan)
	286.016	321.470

LAMPIRAN K

PERHITUNGAN FAKTOR KESERASIAN KERJA ALAT (*MATCH FACTOR*) SETELAH PENAMBAHAN 10 UNIT *DUMP TRUCK* DAN PERBAIKAN *CYCLE TIME* ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT

Nilai keserasian kerja *(Match Factor)* setelah penambahan alat dan perbaikan cycle time alat muat dan alat angkut :

Rangkaian alat mekanis di front kerja, *excavator* Volvo EC 480DL dengan *dump truck* CWE QUESTER 28064R. Dengan 6 kali pengisian.

- Jumlah *dump truck* CWE QUESTER 28064R (Na) = 26 unit
- Jumlah *excavator* Volvo EC 480DL (Nm) = 2 unit
- Waktu edar rata-rata alat muat (Ctm) = 0,27 menit
- Waktu edar rata-rata alat angkut (Cta) = 18,33 menit

$$MF = \frac{Na\ x\ (n\ x\ Ctm)}{Nm\ x\ Cta}$$

$$MF = \frac{26\ x\ (6\ x\ 0{,}27)}{2\ x\ 18{,}33}$$

MF = 1,15

Tabel K.1

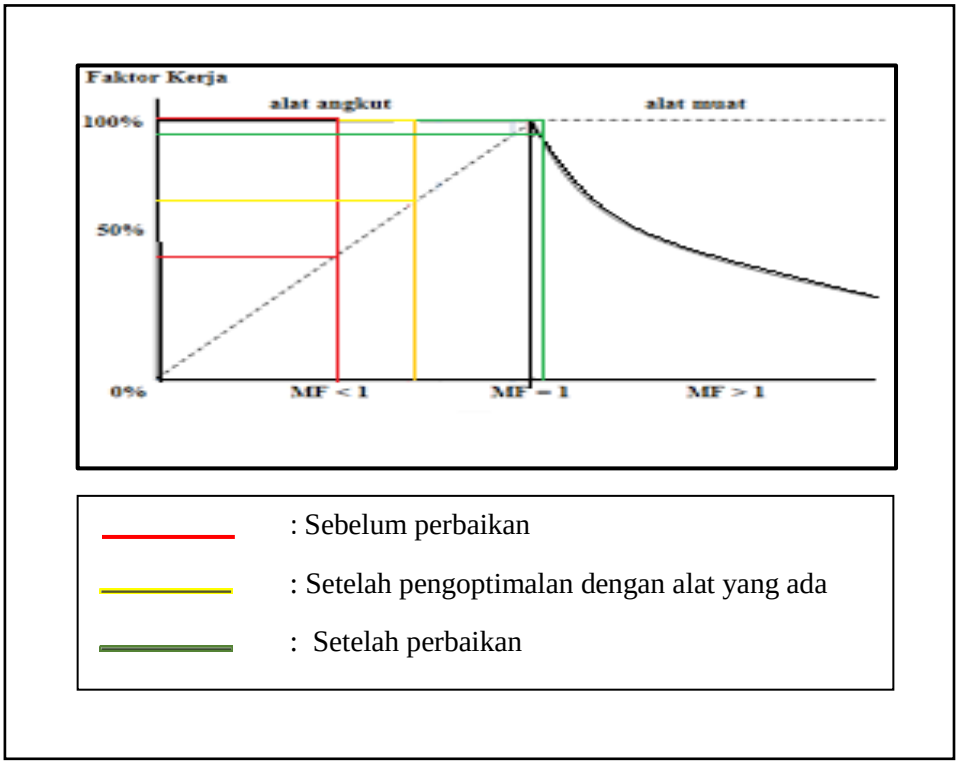
Perbandingan Nilai *Match Factor*

Keterangan	**Sebelum Perbaikan**	**Setelah pengoptima-lan dengan alat yang ada**	**Sesudah Perbaikan**
Jumlah Alat Angkut	12	16	26
Jumlah Alat Muat	2	2	2
Nilai Match Factor	0,49	0,71	1,15

Tabel K.2

Hubungan Nilai *Match Factor* dengan Faktor Kerja

Keterangan	**Sebelum Perbai-kan**	**Setelah pengoptima-lan dengan alat yang ada**	**Sesudah Perbaikan**
Match Factor	0,49	0,71	1,15
Faktor Kerja Alat Muat	44%	60%	100%
Faktor Kerja Alat Angkut	100%	100%	97%



Gambar K.1

Grafik Perbandingan Nilai *Match Factor*

LAMPIRAN L

PENGOPTIMALAN PRODUKSI ALAT ANGKUT YANG ADA SETELAH PERBAIKAN JALAN DAN PERBAIKAN *CYCLE TIME* ALAT ANGKUT

Untuk produksi setelah dilakukan pengoptimalan alat angkut sejumlah 16 unit *dump truck* :

Q = $\frac{3600}{Cta} x Cam x Eff x SF \ (\frac{BCM}{Jam})$

Dimana, Cam = n x C x BFF

= 6 x 2,1 x 0,93 = 11,71

Keterangan :

Q	= Produksi Alat Angkut (BCM/Jam)	
Eff	= Efisiensi Kerja (%)	= 81,7 % (Lampiran I)
Cta	= Waktu Edar Alat Angkut (Detik)	= 1180 Detik
n	= Jumlah Pengisian *Bucket* Penuh Alat Angkut	= 6
C	= kapasitas baku alat gali-muat	= 2,1 m³(Lampiran C)
BFF	= *Bucket Fill Factor*	= 93% (Lampiran E)
SF	= Faktor Pengembangan	= 0,67 (Lampiran F)

Q = $\frac{3.600}{1180} x \ 11,71 \ x \ 0,67 \ x \ 0,82$ = 19,62 Bcm/jam x 1,26 ton/m^3

= 24,73 ton/jam x 16 unit = 395,7 Ton/Jam

Produksi 1 bulan = Produksi/Jam x waktu kerja efektif/hari x Hari Kerja/Bulan

= 379,2 Ton/Jam x 20 jam/hari x25 hari/bulan

= 197.845 Ton/bulan

Tabel L.1

Produksi *dump truck* CWE QUESTER 28064R setelah pengoptimalan

Tipe alat mekanis	Produksi	
dump truck CWE QUESTER 28064R	Sebelum Pengoptimalan (ton/bulan)	Setelah Pengoptimalan (ton/bulan)
	142.200	197.845