

**KAJIAN TEKNIS PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT
PADA PENGUPASAN OVERBURDEN DI FRONT WRANGLER
PT ANTAM TBK UBPN SULTRA KECAMATAN POMALAA,
KABUPATEN KOLAKA, PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

Oleh :

Musryatun

Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan, Jurusan Teknik Pertambangan,
Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta,
Jl. Padjajaran, Condongcatur, Yogyakarta 55283
No. HP: 085298676541, email : atun.muntu@gmail.com

RINGKASAN

PT. Aneka Tambang (PT. Antam) Tbk UBPN Sultra merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan. PT. Antam memiliki beberapa wilayah pertambangan dan beberapa jenis komoditas, salah satunya adalah komoditas nikel yang terletak di Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Sistem penambangan yang diterapkan pada penambangan nikel tersebut adalah tambang terbuka dengan metode open pit dan open cast. Pentingnya memperkirakan produksi dari alat muat dan alat angkut ini karena ada kaitannya dengan target produksi yang harus dicapai oleh perusahaan.

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu apa sajakah faktor - faktor yang mempengaruhi produksi alat muat dan alat angkut sehingga target produksi lapisan overburden sebesar 62.577 BCM/bulan pada front Wrangler PT. Antam Tbk UBPN Sultra belum tercapai? Bagaimana upaya peningkatan produksi pengupasan lapisan overburden agar target yang telah ditentukan dapat dicapai?

Tujuan penelitian dilakukan untuk mengetahui penyebab belum tercapainya target produksi pengupasan lapisan overburden yang telah ditetapkan dan melakukan upaya peningkatan produksi pengupasan lapisan overburden agar target yang telah ditentukan dapat dicapai.

Faktor - faktor yang mempengaruhi kemampuan produksi dari alat muat dan alat angkut yaitu kondisi lapangan yang dapat mempengaruhi kinerja alat muat dan alat angkut. Pola pemuatan single back up dinilai lebih efektif dan metode yang digunakan pada Dumptruck Hino FM 260 JD adalah metode top loading. Perbaikan pelebaran jalan angkut dilakukan pada jalan angkut lurus satu jalur yang kurang dari 5 meter dan lebar jalan angkut minimum pada tikungan yang kurang dari 7 meter dengan grade maksimum 10%. Perbaikan jalan yang dilakukan dengan pengerasan jalan setebal 10 inch.

Upaya peningkatan produksi untuk mencapai target produksi sebesar 62,577 BCM/bulan dilakukan dengan cara peningkatan waktu kerja efektif menggunakan nilai waktu yang paling sering muncul (modus) dibawah nilai rata-rata sehingga waktu efisiensi kerja alat gali dan alat angkut produksi yang diperoleh yaitu 51.694 BCM/bulan dan masih belum mencapai target produksi. Cara kedua yang dilakukan yaitu penambahan jumlah 1 unit dumptruck untuk masing-masing fleet sehingga kemampuan produksi yang diperoleh yaitu 58.694 BCM/bulan dan belum mencapai target produksi. Alternatif ketiga yang dilakukan dengan penambahan jumlah curah bucket menjadi 7 kali curah, sehingga produksi yang diperoleh yaitu 65.737 BCM/bulan dan mencapai target produksi.

Summary

PT. Aneka Tambang (PT. Antam) Tbk UBPN Sultra is one of the companies in the mining industry. PT. Antam has several mining areas and a variety of commodity, one such commodity is nickel which is situated in Pomalaa District, Kolaka Regency, South East Sulawesi. The mining system used for said nickel mine is the open-pit mining with the open pit and open cast method. The importance of estimating the production of loading and transporting equipment is related to the target production that needs to be achieved by the company.

The formulation of the problem in this research namely: what are the factors that affect the production of loading and transporting equipment so that the target production of 62.577 BCM/month of overburden on PT. Antam Tbk UPBN Sultra's Wrangler front has not been achieved? How to increase production of overburden layer stripping so that the specified targets can be achieved?

The aim of this research was to determine the cause of the failure to achieve the target production of overburden stripping that has been determined and to increase the production of overburden stripping so that the target can be achieved

Factors that affects the capability of the loaders and movers namely the field condition which affects the performance of loading and moving equipment. The single back up loading pattern is considered a more effective method and the method used on the Dump truck Hino FM 260 JD is the top loading method. Improvements to the widening of the haul road are carried on a straight lane less than 5 meters and the minimum width of haul road turns is less than 7 meters with a maximum grade of 10%. Road repairs is done by hardening the road as thick as 10 inches.

Efforts to increase production to achieve a target production of 62.577 BCM/month is done by increasing the effective work time using the time value that appears most often (mode) below the average value so that it is at most efficient, the production from the digging and transport equipment achieved is 51.694 BCM/month which has yet to achieve target production. The second method is done by adding 1 dump truck unit to each fleet so that the production capability is 58.694 BMC/month which has also yet to reach the target production. A third alternative is done by increasing the amount bucket 7-fold, so that the production achieved is 65.737 BCM/month, reaching the target production.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Aneka Tambang (PT. Antam) Tbk UBPN Sultra merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan. PT. Antam memiliki beberapa wilayah pertambangan dan beberapa jenis komoditas, salah satunya adalah komoditas nikel yang terletak di Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Sistem penambangan yang diterapkan pada penambangan nikel tersebut adalah tambang terbuka dengan metode open pit dan open cast. Pentingnya memperkirakan produksi dari alat muat dan alat angkut ini karena ada kaitannya dengan target produksi yang harus dicapai oleh perusahaan.

Untuk melakukan kegiatan pengupasan overburden, perusahaan menggunakan kombinasi 2 unit alat muat excavator Hitachi Zaxis 350 dan 8 unit alat angkut dumptruck Hino FM 260 JD. PT. Antam Tbk UBPN Sultra menetapkan target produksi pengupasan lapisan penutup khususnya front Wrangler pada bulan Februari 2019 sebesar 62.577 BCM/bulan. Pada keadaan aktualnya produksi lapisan penutup baru mencapai sebesar 49.573 BCM/bulan sehingga target produksi lapisan penutup belum tercapai. Agar sesuai dengan target produksi yang ditentukan, maka perlu dilakukan kajian teknis alat muat angkut dengan cara melakukan upaya peningkatan

efisiensi kerja, penambahan unit dumptruck, perbaikan jalan angkut dan penambahan jumlah curah bucket terhadap vessel, sehingga diharapkan target produksi dapat tercapai.

1.2. Permasalahan

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi :

1. Apa sajakah faktor - faktor yang mempengaruhi produksi alat muat dan alat angkut sehingga target produksi lapisan overburden sebesar 62.577 BCM/bulan pada front Wrangler PT. Antam Tbk UBPN Sultra belum tercapai?
2. Bagaimana upaya peningkatan produksi pengupasan lapisan overburden agar target yang telah ditentukan dapat dicapai ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui penyebab belum tercapainya target produksi pengupasan lapisan overburden yang telah ditetapkan.
2. Melakukan upaya peningkatan produksi pengupasan lapisan overburden agar target yang telah ditentukan dapat dicapai. yang lebih efisien setelah perbaikan kondisi jalan angkut tambang.

1.4. Batasan Penelitian

Batasan masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian hanya dilakukan pada lokasi *Front Wrangler* PT. Antam Tbk UBPN Sultra
2. Alat mekanis yang diteliti adalah 2 unit alat muat *excavator* Hitachi Zaxis 350 dan 8 unit alat angkut *dumptruck* Hino FM 260 JD.
3. Penelitian ini hanya memperhatikan segi teknis tanpa menganalisa segi ekonomisnya.
4. Penelitian ini berlaku hanya pada musim hujan.

1.5. Metode Penelitian

Metodologi yang akan diterapkan pada penelitian ini meliputi :

1. Studi literatur
Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang, baik yang bersifat sebagai dasar penelitian maupun yang bersifat sebagai pendukung dan referensi yang berkaitan dengan penelitian. Bahan bahan pustaka ini diperoleh dari:
 - 1) Laporan-laporan dari PT. Antam Tbk UBPN Sultra
 - 2) Perpustakaan
 - 3) Media cetak
 - 4) Media elektronik
 - 5) Karya-karya ilmiah
 - 6) Jurnal
2. Orientasi lapangan
Melakukan kegiatan pengenalan lapangan seperti mengetahui potensi masalah yang akan terjadi, lokasi kegiatan penambangan, *disposal area*.
3. Observasi dan pengamatan lapangan.
Pengamatan langsung di lapangan bertujuan untuk mengetahui masalah apa yang terjadi pada kegiatan penambangan yang dilakukan, serta kendala yang dihadapi baik dalam proses pemuatan maupun pengangkutan.
4. Pengumpulan data yang meliputi :
 - a. Data primer, yaitu data yang diambil atau didapat secara langsung dari hasil pengamatan di lapangan. Data primer antara lain :

- 1) *Cycle time* alat muat *excavator* Hitachi Zaxis 350
 - 2) *Cycle time* alat angkut *dumptruck* Hino FM 260 JD
 - 3) *Bucket fill factor*
 - 4) Efisiensi kerja
- b. Data sekunder, merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung, yaitu dapat menyalin atau mengutip dari data yang sudah ada. Data sekunder antara lain meliputi :
 - 1) Data geologi daerah penelitian
 - 2) Data curah hujan daerah penelitian
 - 3) Spesifikasi alat muat *excavator* Hitachi Zaxis 350
 - 4) Spesifikasi alat angkut *dumptruck* Hino FM 260 JD
 - 5) Peta jalan angkut
 - 6) Kondisi jalan angkut dan daya dukung tanah
 - 7) Peta kesampaian daerah
 - 8) *Swell factor*
5. Pengolahan dan analisis data
Data yang diperoleh dari lapangan kemudian dikelompokkan sesuai dengan kegunaannya. Spesifikasi alat muat dan alat angkut, data *cycle time* alat muat dan alat angkut, data *bucket fill factor*, *swell factor*, data waktu hambatan kerja diolah menggunakan *Microsoft Excel*, lalu hasil pengolahan data digunakan untuk mengetahui kemampuan produksi alat muat dan alat angkut. Peta jalan angkut diolah menggunakan *Software Surpac* untuk mengetahui lebar jalan lurus, jari-jari tikungan dan *grade* jalan, spesifikasi alat angkut digunakan untuk mengetahui luas beban kontak dan distribusi beban pada ban, nilai daya dukung tanah digunakan untuk mengetahui kemampuan jalan untuk menahan beban yang ada di atasnya, kemudian menentukan faktor - faktor penyebab tidak tercapainya target produksi. Setelah diketahui penyebabnya, kegiatan selanjutnya menentukan upaya - upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi dengan cara :

- a. Alternatif 1, meningkatkan efisiensi kerja dengan cara mengurangi waktu hambatan yang dapat ditekan, menggunakan data yang sering muncul di bawah nilai rata-rata.
- b. Alternatif 2, melakukan penambahan 2 unit alat angkut untuk meningkatkan produktivitas.
- c. Alternatif 3, dengan cara melakukan penambahan jumlah curah *bucket* alat muat, untuk mengoptimalkan kapasitas *vessel* dengan cara meningkatkan daya dukung tanah pada area *loading point* dengan melakukan pengerasan jalan agar alat angkut tidak terjadi amblasan.

Dari alternatif tersebut dapat diambil suatu kesimpulan, maka diharapkan hasil produksi dapat ditingkatkan dengan melakukan perbaikan - perbaikan baik dari segi teknis alat, manusia, dan kondisi kerja.

6. Kesimpulan dan saran

Produksi lapisan tanah penutup pada *front* Wrangler sebesar 49.573 BCM/bulan dan belum memenuhi target produksi yang ditentukan perusahaan yaitu sebesar 62.577 BCM/bulan, hal ini disebabkan karena rendahnya efisiensi kerja, jumlah curah *bucket* tidak optimum, dan kondisi jalan angkut yang tidak memenuhi standar. Upaya yang dilakukan yaitu meningkatkan efisiensi kerja, penambahan jumlah curah *bucket*, dan melakukan perbaikan segment jalan yang tidak memenuhi standar.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan studi perbandingan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan peralatan.
2. Dapat memberikan rekomendasi kepada perusahaan guna meningkatkan produksi sesuai direncanakan oleh PT. Aneka Tambang Tbk UBPN Sultra.

II. KESAMPAIAN DAERAH

2.1. Lokasi dan Kesempaihan Daerah

Tempat pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada PT. Antam Tbk. UBPN Sultra terletak di daerah Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara.

Secara geografis terletak pada garis (04° 00' 00"– 04° 30' 00") Lintang Selatan dan (121° 15' 00" - 121° 45' 03") Bujur Timur. PT. Aneka Tambang Tbk. UBPN Sultra berbatasan dengan :

1. Sebelah Utara berbatasan dengan Sungai Huko – huko.
2. Sebelah Timur berbatasan dengan Bukit Maniang.
3. Sebelah Barat berbatasan dengan Teluk Makongga.
4. Sebelah Selatan berbatasan dengan Sungai Oko – Oko.

Lokasi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan ditempuh dengan beberapa alternatif sebagai berikut :

1. Dari Bandara Udara Soekarno-Hatta (Jakarta) ke Bandara Sultan Hasanuddin Makassar dengan pesawat dalam waktu kurang lebih 2,5 jam. Dari Bandara Udara Sultan Hasanuddin (Makassar) ke Bandara Sangia Nibandera (Pomalaa) dengan menggunakan pesawat 45 menit. Kemudian dari Bandara Sangia Nibandera (Pomalaa) menuju PT Antam UBPN Sultra menggunakan jalur darat dengan waktu tempuh 30 menit.
2. Dari Bandara Udara Soekarno-Hatta (Jakarta) ke Bandara Sultan Hasanuddin Makassar dengan pesawat dalam waktu kurang lebih 2,5 jam. Dari Makassar ke Bajoe Bone dengan kendaraan bermotor sekitar 4 jam. Lalu dari Bajoe Bone ke Kolaka dengan kapal Ferry 6 jam, dilanjutkan dengan kendaraan bermotor dari Kolaka ke Pomalaa sekitar 45 menit.
3. Dari Bandara Udara Soekarno-Hatta (Jakarta) ke Bandara Haluoleo Kendari dengan pesawat dalam waktu kurang lebih 2,5 jam. Dari Kendari ke Pomalaa dilanjutkan dengan kendaraan bermotor selama 4 jam

III. HASIL PENELITIAN

3.1. Tinjauan Terhadap Lokasi Penambangan

Lokasi penambangan yang diteliti yaitu berada di area *Front* Wrangler. Dimana metode penambangan yang digunakan adalah metode *open pit*. Pemuatan material hasil pengupasan yang dilakukan oleh alat muat menggunakan cara *top loading* yaitu dengan posisi alat muat berada pada level yang lebih tinggi dengan alat angkut dengan posisi pemuatan *single truck back up*,

yaitu dilakukan dengan posisi alat angkut membelakangi alat muat dan siap diisi, sedangkan hasil pengupasan lapisan tanah penutup disimpan di *disposal* yang terdekat nantinya akan digunakan pada saat reklamasi. Secara umum lokasi aktivitas kerja alat muat dan alat angkut di PT. Antam Tbk UBPB Sultra dapat dibedakan menjadi tiga tempat kerja, antara lain yaitu area pemuatan, jalan angkut dan area penimbunan.

3.1.1. Area Pemuatan

Area pemuatan material merupakan lokasi dimana dilakukannya kegiatan pembongkaran dan pemuatan material lapisan tanah penutup ke alat angkut. Berdasarkan pengamatan lapangan rata-rata lebar area pemuatan selama penelitian sebesar 27,8 meter (Lihat Gambar 4.1). Kegiatan pembongkaran dan pemuatan pada PT. Antam Tbk UBPB Sultra ini dikerjakan oleh alat yang sama yaitu *backhoe*. Alat muat yang digunakan di lokasi penambangan adalah jenis *backhoe* Hitachi tipe Zaxis 350.

3.1.2. Lebar Jalan Angkut

Jalan angkut adalah tempat dimana proses pengangkutan material lapisan tanah penutup oleh alat angkut. Jalan angkut merupakan prasarana penghubung antara area pemuatan dan area penimbunan. Jalan angkut yang diteliti berjarak 920 meter (Gambar 4.2). Berdasarkan hasil pengukuran didapat lebar jalan angkut lurus rata-rata sebesar 8,2 meter sedangkan untuk lebar jalan angkut pada tikungan yaitu sebesar 45,3 meter dan kemiringan jalan angkut terbesar 9,5%. Alat angkut yang digunakan adalah *Dumptruck* Hino FM 260JD.

a. Kondisi Jalan Angkut

Kondisi jalan yang digunakan *Dumptruck* Hino FM 260 JD pada saat pengangkutan lapisan tanah penutup penambangan ke area *disposal* dinilai kurang baik. Pada saat hujan kondisi *front* menjadi licin, sedangkan pada saat musim kemarau menjadi sangat berdebu. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan penyiraman jalan secara berkala dengan menggunakan *water truck* dan untuk perawatan jalan dan perbaikan *front* digunakan motor grader dan bulldozer. Ditambah lagi kondisi pada lokasi *loading point* yang memiliki permukaan tanah yang lemah dikarenakan lapisan tanah pada *loading point* sebagian besar terdiri dari lapisan *limonite* maka harus dilakukan pengerasan jalan untuk meningkatkan daya dukung tanah.

b. Lebar Jalan Angkut

Jarak jalan angkut yang dilalui oleh *Dumptruck* Hino FM 260 JD adalah sejauh 920 m. Jalan angkut yang ada di lokasi penambangan merupakan jalan angkut dengan satu jalur yang menghubungkan *front* penambangan dengan lokasi *disposal*. Menurut kondisinya, jalan angkut dibedakan menjadi jalan lurus dan jalan tikungan.

➤ Lebar Jalan Lurus

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, pada bagian yang relatif lurus mempunyai lebar jalan angkut rata-rata sebesar 8,2 meter. Lebar jalan terlebar adalah 14 meter dan lebar jalan tersempit adalah 4,2 meter.

➤ Lebar Tikungan

Selama pengamatan terdapat delapan tikungan di jalan angkut yang menghubungkan *front* penambangan dengan lokasi *disposal*. Lebar jalan angkut terlebar pada tikungan adalah 45,3 meter dan tersempit adalah 5,5 meter.

c. Grade Jalan Angkut

Grade jalan angkut pada lokasi penambangan berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut dalam mengatasi tanjakan. Pada saat penelitian dilakukan *grade* jalan angkut yang terbesar yaitu 10,5%. Kondisi Jalan Angkut dapat dilihat pada tabel 4.1.

3.1.3 Area Penimbunan

Area ini merupakan tempat penimbunan material lapisan tanah penutup yang diangkut oleh alat angkut dari area pemuatan. Material hasil pengupasan lapisan tanah penutup diangkut ke *disposal*. Setelah dilakukan penimbunan di area ini, kemudian dilakukan kegiatan perataan dan pemadatan terhadap material tersebut

3.2. Spesifikasi Peralatan

Pada penelitian kali ini, kemiringan jalan angkut Spesifikasi alat yang digunakan perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan untuk kemampuan produksi alat muat dan alat angkut. Alat muat yang digunakan yaitu Hitachi Zaxis 350 dengan lebar alat 3.390 mm, panjang alat 11.200 mm, kapasitas *bucket* 1,5 m³, Sedangkan untuk alat angkut yang digunakan adalah *dumptruck* Hino FM 260 JD kapasitas *vessel* 15 m³, berat kosong 6.610 kg, berat bermuatan 26.000 kg *truck*.

3.3. Faktor Pengisian Bucket

Faktor pengisian merupakan suatu faktor yang menunjukkan besarnya kapasitas nyata dengan kapasitas baku dari *bucket* alat muat. Besarnya faktor pengisian untuk alat muat Hitachi Zaxis 350 adalah 110.8%

3.4. Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Swell adalah pengembangan volume suatu material setelah digali dari tempatnya. Pengembangan volume suatu material perlu diketahui karena yang diperhitungkan pada penggalian selalu didasarkan pada "insitu". Sedangkan material yang ditangani (dimuat untuk diangkut) selalu material yang telah mengembang (*loose*). Data PT. Aneka Tambang UBPN Sultra, *density in bank* (insitu) adalah 1,7 ton/m³ dan *loose density* adalah 1,63 ton/m³. Nilai *swell factor* adalah sebesar 0.95

3.5. Pola Pemuatan

Berdasarkan pengamatan di lapangan, pola pemuatan yang digunakan adalah *top loading*, yaitu alat muat melakukan pemuatan dengan menempatkan dirinya sejajar dengan alat muat. Sedangkan untuk pola pemuatan alat angkut adalah menggunakan pola *single truck back up*, yaitu alat angkut memposisikan diri dengan cara membelakangi alat muat, sedangkan alat angkut lainnya menunggu alat angkut pertama dimuati sampai penuh

3.6 Luas Beban Kontak dan Distribusi Beban

Berdasarkan spesifikasi alat angkut Dumptruck Hino 260 JD luas bidang kontak adalah sebesar 42,990 in² dan beban yang diterima oleh permukaan jalan dari tiap roda adalah sebesar 19.199,52 lb/ft²

3.7. Daya Dukung Tanah

Berdasarkan kondisi material yang terdapat di lapangan termasuk *hard dry consolidated clay* dengan nilai CBR sebesar 15%, data tersebut menggunakan data sekunder yang didapatkan berdasarkan dari jurnal daya dukung tanah oleh Thoni Riyanto.

3.8 Jadwal Kerja dan Waktu Kerja Efektif

3.8.1. Jadwal Kerja

Dalam pengaturan kegiatan kerja, PT. Antam Tbk UBPN Sultra telah menetapkan jadwal waktu kerja yaitu berdasarkan satu hari kerja. Kegiatan operasi

produksi dilakukan dalam 1 *shift* per hari selama 5 hari kerja. Untuk lebih jelasnya jadwal kerja PT. Antam Tbk UBPN Sultra dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini:

Tabel 4.2
Jadwal Kerja PT. Antam Tbk UBPN Sultra

Hari Kerja	Waktu Kerja	Total Jam Kerja
Senin	07.00-12.00 dan 13.00-17.00	9
Selasa	07.00-12.00 dan 13.00-17.00	9
Rabu	07.00-12.00 dan 13.00-17.00	9
Kamis	07.00-12.00 dan 13.00-17.00	9
Jumat	07.00-11.30 dan 13.00-17.30	9

Dari tabel diatas jumlah waktu kerja normal rata-rata perhari dalam 1 minggu, yaitu :

$$\frac{45 \text{ jam/minggu}}{7 \text{ hari/minggu}} = 9 \text{ jam/hari}$$

3.8.2. Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja efektif merupakan waktu kerja yang sesungguhnya untuk melakukan operasi penambangan batubara ataupun pengupasan tanah penutup (*overburden*), karena pada nyatanya tidak semua waktu kerja yang telah disediakan oleh perusahaan benar - benar digunakan secara optimal oleh para operator dan alat yang digunakan untuk beroperasi. Hal ini disebabkan oleh karena adanya hambatan - hambatan yang berpotensi mengurangi waktu kerja yang tersedia. Sehingga perlu dilakukan optimasi terhadap waktu kerja efektif tersebut. Dari waktu kerja efektif ini maka akan

diketahui efisiensi kerja dari operator dan alat yang digunakan.

3.9 Efisiensi Kerja

Setelah mendapatkan waktu kerja efektif dan mengetahui kondisi alat, maka dapat mengetahui nilai efisiensi kerja dari alat muat dan alat angkut. Efisiensi kerja adalah suatu perbandingan antara waktu yang telah dipakai untuk bekerja dengan waktu total yang telah disediakan atau ditetapkan oleh perusahaan. Efisiensi kerja dapat digunakan untuk menilai baik atau tidaknya pelaksanaan suatu pekerjaan.

<i>Fleet</i>	Rangkaian Kerja Alat Mekanis	Waktu Kerja Efektif jam/hari	(%)
1	<i>Excavator Hitachi Zaxis 350</i>	6,2	69,1 %
	<i>Dump Truck Hino FM 260 JD</i>	5,9	69 %
2	<i>Excavator Hitachi Zaxis 350</i>	6,3	70,4 %
	<i>Dump Truck Hino FM 260 JD</i>	5,9	70

3.10. Waktu Edar Alat Muat dan Alat Angkut

Waktu edar alat muat adalah waktu edar rata-rata yang ditempuh oleh alat muat mulai dari waktu untuk menggali (*digging time*), waktu untuk berputar dengan muatan (*swing load*), waktu menumpahkan muatan ke bak alat angkut (*dumping time*), waktu berputar tanpa muatan (*swing empty*), sampai pada posisi mulai menggali kembali yang disebut dengan waktu sekali mengisi ke alat angkut. Pengamatan waktu edar dilakukan pada saat alat gali muat memproduksi melayani alat angkut di pemuka kerja (*front*) penambangan. Waktu yang diperoleh merupakan waktu edar rata-rata pada saat alat muat melayani alat angkut sebesar 20,22 detik pada *fleet* 1 dengan alat muat *excavator* Hitachi Zaxis 350 dan 20,86 detik pada *fleet* 2 dengan alat muat *excavator* Hitachi Zaxis 350. Sedangkan waktu edar alat angkut adalah waktu edar rata-rata yang ditempuh oleh alat angkut mulai dari waktu manuver isi, waktu diisi muatan, waktu mengangkut muatan, waktu manuver *dumping*, waktu *dumping*, waktu kembali kosong. Waktu yang diperoleh merupakan waktu edar rata-rata alat angkut sebesar 563,73 detik pada *fleet* 1 dan 578,99 detik pada *fleet* 2 dengan alat angkut *dump truck* Hino FM 260 JD sebanyak 8 unit pada *front* kerja.

3.11. Produksi Alat Muat dan Alat Angkut Saat Ini

Produksi aktual adalah hasil yang dapat dicapai suatu alat secara nyata ketika alat tersebut dioperasikan. Dari data yang diperoleh diketahui produksi saat penelitian dari alat mekanis yang digunakan, produksi saat penelitian alat muat dan alat angkut yang dicapai dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.7

Kemampuan Produksi Alat Gali–Muat dan Alat Angkut

<i>Fleet</i>	Rangkaian Kerja	Produktivitas (BCM/jam)	Produksi (BCM/bulan)	Total Produksi (BCM/bulan)	
				Alat Muat	Alat Angkut
1	1 <i>Excavator Hitachi Zaxis 350</i>	194	34.964	69.494	49.573
	4 <i>Dumptruck Hino 500 FM 260 JD</i>	139,1	25.046		
2	1 <i>Excavator Hitachi Zaxis 350</i>	191,8	34.529		
	4 <i>Dumptruck Hino 500 FM 260 JD</i>	136	24.527		

3.12. Keserasian Kerja (MF)

Angka keserasian kerja (*MF*) untuk rangkaian kerja antara alat gali muat dengan alat angkut yang beroperasi adalah sebesar 0,68 pada *fleet* 1 dan 0,69 pada *fleet* 2

Tabel 4.8

Faktor Keserasian Kerja Alat

<i>Fleet</i>	Rangkaian Kerja	Cycle Time		MF
		<i>Excavator</i>	<i>Dumptruck</i>	
1	1 <i>Excavator Hitachi Zaxis 350</i>	20,22	563,73	0,717
	4 <i>Dumptruck Hino 500 FM 260 JD</i>			
2	1 <i>Excavator Hitachi Zaxis 350</i>	20,86	578,99	0,721
	4 <i>Dumptruck Hino 500 FM 260 JD</i>			

IV. PEMBAHASAN

4.1 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kemampuan Produksi dari Alat Muat dan Alat Angkut

Kondisi lapangan dapat mempengaruhi kinerja alat muat dan alat angkut. Dalam kondisi lapangan yang baik, seperti kondisi jalan angkut yang tidak berdebu pada musim kemarau atau tidak berlumpur pada musim hujan, maka alat mekanis dapat bekerja secara optimal. Sebaliknya dalam kondisi lapangan yang buruk alat mekanis tidak dapat bekerja secara optimal. Jika jalan angkut

dalam kondisi berdebu maka akan menghalangi pengelihatan operator *dumptruck*. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dilakukan penyiraman secara berkala disepanjang jalan angkut menggunakan *water truck*. Jika jalan bergelombang dan becek akibat beban kendaraan dan hujan maka dilakukan perawatan dan perbaikan jalan menggunakan *motor grader*, serta untuk kondisi jalan yang memiliki nilai daya dukung tanah rendah perlu dilakukan pengerasan jalan untuk meningkatkan nilai daya dukung tanah

4.1.1 Pola Muat

Pola pemuatan yang digunakan oleh alat angkut *Dumptruck* Hino FM 260 JD adalah pola *single truck back up*. Pola pemuatan *single back up* dinilai lebih efektif dikarenakan dengan kondisi front yang lebar memudahkan alat angkut melakukan *manuver* untuk mengambil posisi muat.

Berdasarkan posisi alat muat terhadap alat angkut, metode yang digunakan pada *Dumptruck* Hino FM 260 JD adalah metode *top loading*. Pola pemuatan ini dinilai efektif dikarenakan dengan pola pemuatan tersebut operator alat muat dapat lebih leluasa untuk melihat posisi dari alat angkut sehingga pola pemuatan *top loading* yang dinilai lebih efektif.

4.1.2 Lebar dan *Grade* Jalan Angkut

Dari pengamatan lapangan, jalan angkut *Dumptruck* Hino FM 260 JD dari *front* penambangan ke area penimbunan (*disposal*) memiliki lebar rata – rata sebesar 8,2 m, dengan jalan angkut terlebar adalah sebesar 12 m dan jalan angkut dengan lebar terkecil adalah sebesar 4,4 m. Sedangkan jalan angkut pada tikungan terlebar sebesar 45,3 m dan yang tersempit sebesar 14 m. Lebar jalan angkut lurus satu jalur yang didapat dari hasil perhitungan dengan mendasarkan pada *AASHTO Manual Rural High Way Design* adalah 5 meter dan lebar jalan angkut minimum pada tikungan adalah 7 meter (Lampiran F) dan *grade* maksimum 10% (Couzens, 1979), sehingga diketahui bahwa untuk lebar jalan angkut yang ada di lapangan masih terdapat lebar jalan yang kurang ideal berdasarkan perhitungan teoritis dan *Grade* yang lebih dari 10%. Untuk lebih jelas mengenai kondisi jalan angkut yang disarankan untuk dilakukan perbaikan dapat dilihat pada Tabel berikut

Tabel 5.1
Perbaikan Kondisi Jalan Angkut

Segmen	Saat ini		Perbaikan	
	Grade (%)	Lebar (m)	Grade	Lebar
1 - 2	4,4	5,0	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
2 - 3	5,8	6,4	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
3 - 4	2,5	39,0	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
A - B	(-2,3)	10	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
B - C *	4,7	10,5	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
C - D	0,9	8,9	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
D - E	3,1	5,6	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
E - F	3,1	5,0	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
F - G	7	5,7	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
G - H	5,4	4,4	Tidak perlu perbaikan	Diperlebar 1 meter
H - I	4,9	5,0	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
I - J *	7,2	5,0	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
J - K	9,5	5,0	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
K - L	2	11,0	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
A' - B'	(-9,3)	5,3	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
B' - C'	(-10)	6,1	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
C' - D'	(-5,9)	9,5	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
D' - E'	(-5,1)	12,9	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
E' - F'	(-10)	14,0	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
F' - G'	5,2	4,2	Tidak perlu perbaikan	Diperlebar 1 meter
G' - H'	3,4	6,5	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
H' - I'	5,8	8,0	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
I' - J'	6,0	7,0	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
J' - K'	(-10)	9,0	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan
K' - L'	(-10)	10,9	Tidak perlu perbaikan	Tidak perlu perbaikan

Berdasarkan kondisi yang ada di lapangan, maka dapat dilakukan perbaikan pelebaran jalan angkut karena tidak ada tebing ataupun jurang disekitar jalan angkut yang mengalami penyempitan. Sedangkan untuk perbaikan *grade* jalan dapat dilakukan menggunakan *motor grader* sehingga *grade* jalan dapat dimaksimalkan menjadi 10 % (Couzens, 1979).

4.1.3. Perbaikan Jalan Angkut

Berdasarkan hasil penelitian kondisi jalan angkut pada segmen 1-2 dan 2- 3 dan 3-4 termasuk *hard dry consolidated clay* memiliki nilai daya dukung

tanah sebesar 10.000 lb/ft² dengan nilai cbr sebesar 15% sehingga jika dibandingkan dengan hasil perhitungan distribusi beban maksimum masing-masing roda alat angkut Hino 260 JD yang lewat di atasnya yaitu sebesar 19.199,52 lb/ft², maka jalan tersebut tidak dapat menahan beban unit yang melintas di atasnya dan jalan akan cenderung rusak, oleh karena itu berdasarkan grafik CBR perlu dilakukan pengerasan jalan setebal 10 inch

4.2. Upaya Peningkatan Produksi

Dari kemampuan produksi alat muat dan alat angkut menunjukkan bahwa ada kekurangan produksi dan ketidakserasian antara alat angkut dan alat muat dalam memenuhi target produksi pada *front* Wrangler PT. Antam Tbk UBPN Sultra. Berikut beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan produksi dari alat muat dan alat angkut.

4.2.1. Perbaikan Waktu Hambatan Kerja (Cara 1)
Waktu kerja efektif merupakan tolak ukur yang dapat dipakai untuk menilai kerja alat mekanis, dengan semakin besarnya jam kerja efektif maka produksi akan semakin besar. Kemampuan produksi alat yang dihasilkan pada saat ini belum mampu mencapai sasaran produksi yang diinginkan. Salah satu penyebabnya adalah rendahnya waktu kerja efektif alat sebagai akibat dari hambatan – hambatan yang ada, baik hambatan yang dapat dihindari maupun hambatan yang tidak dapat dihindari. Peningkatan waktu kerja efektif dilakukan dengan cara mengurangi atau menghilangkan hambatan - hambatan yang dapat dihindari. Untuk hambatan yang tidak dapat dihindari adalah tetap. Dengan berkurangnya waktu yang hilang akibat hambatan maka waktu kerja efektif dapat ditingkatkan. Upaya yang dapat dilakukan untuk peningkatan waktu kerja efektif adalah dengan melakukan perbaikan waktu kerja terhadap hambatan yang dapat dihindari dengan menggunakan nilai waktu yang paling sering muncul (modus) dibawah nilai rata-rata yang didapat ketika pengamatan di lapangan adalah:

1. Terlambat Awal *Shift*
Kendala ini disebabkan karena mayoritas karyawan merupakan penduduk lokal. Kurangnya disiplin kerja disebabkan karena lokasi kerja berada tidak jauh dari rumah sehingga karyawan cenderung datang dengan santai. Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir adanya ketelambatan karyawan yang tidak disiplin yaitu berupa teguran, Waktu hambatan ini dapat

diminimalisir dari 27 menit/hari menjadi 23 menit/hari untuk operator alat muat. Serta pada *fleet 2* sebagai berikut, dari 25 menit/hari menjadi 21 menit/hari untuk operator alat gali muat.

2. Istirahat Siang Terlalu Awal
Waktu kerja yang hilang diakibatkan karena operator memulai istirahat siang sebelum waktu yang telah ditetapkan. Waktu hambatan ini dapat diminimalisir dari 24 menit/hari menjadi 20 menit/hari untuk operator alat gali muat dan untuk operator alat angkut dari 31 menit/hari menjadi 21 menit/hari untuk *fleet 1*. Serta pada *fleet 2* sebagai berikut, dari 22 menit/hari menjadi 21 menit/hari untuk operator alat gali muat dan untuk operator alat angkut dari 28 menit/hari menjadi 24 menit/hari, maka dari itu di butuhkan *forman* yang bisa mengawas dengan baik agar waktu berhenti kerja untuk isitirahat tidak terlalu awal dari yang dijadwalkan.

3. Berhenti Bekerja Lebih Awal
Berdasarkan dari pengamatan di lapangan, operator alat muat dan operator alat angkut berhenti bekerja sebelum waktu kerja. Waktu hambatan ini dapat diminimalisir dari 23 menit/hari menjadi 9 menit/hari untuk operator alat gali muat dan untuk operator alat angkut dari 29 menit/hari menjadi 19 menit/hari untuk *fleet 1*. Serta pada *fleet 2* sebagai berikut, dari 24 menit/hari menjadi 19 menit/hari untuk operator alat gali muat dan untuk operator alat angkut dari 27 menit/hari menjadi 20 menit/hari.

Tabel 5.2
Peningkatan Efisiensi Kerja Alat Muat dan Alat Angkut pada *Fleet 1*

JENIS ALAT	Zaxis 350		Hino FM 260 JD	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Waktu Yang Tersedia (Menit)	540	540	510	510
Hambatan yang Dapat Ditekan				
Hambatan	menit	menit	menit	menit
Persiapan sebelum turun ke <i>front</i>	27	23	4	4
Istirahat siang terlalu cepat	24	20	31	21
Istirahat siang terlalu lama	5	5	6	6
Keperluan operator	13	13	15	15
Berhenti kerja terlalu cepat	23	19	29	19
Jumlah	92	70	85	56
Hambatan yang Tidak Dapat Ditekan				
Hujan	40	40	40	40
Perbaikan <i>front</i> kerja	15	15	15	15
Pemindahan posisi alat	10	10		
Turun ke <i>front</i>	9	9	4	4
Perbaikan jalan			15	15
Jumlah	74	74	74	74
Waktu kerja efektif (menit)	374	386	351	371
Waktu kerja efektif (jam)	6.2	6.6	5.9	6.3
Efisiensi kerja	69.1	71.5	69	72.7

Tabel 5.3
Peningkatan Efisiensi Kerja Alat Muat dan Alat Angkut pada *Fleet 2*

JENIS ALAT	Zaxis 350		Hino FM 260 JD	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Waktu yang tersedia (menit)	540	540	510	510
Hambatan yang dapat ditekan				
Hambatan	Menit	Menit	Menit	Menit
Persiapan sebelum turun ke <i>front</i>	25	21	5	5
Istirahat siang terlalu cepat	22	20	28	24

Istirahat siang terlalu lama	5	5	7	7
Keperluan operator	10	10	15	15
Berhenti kerja terlalu cepat	24	19	27	20
Jumlah	86	68	82	61
Hambatan yang Tidak Dapat Ditekan				
Hujan	40	40	40	40
Perbaikan <i>front</i> kerja	15	15	15	15
Pemindahan posisi alat	10	10		
Turun ke <i>front</i>	9	9	4	4
Perbaikan jalan			15	15
Jumlah	74	74	74	74
Waktu kerja efektif (menit)	380	391	354	365
Waktu kerja efektif (jam)	6.3	6.6	5.9	6.3
Efisiensi kerja	70.4	72.4	69.4	71.6

Dari perbaikan waktu efisiensi kerja alat muat dan alat angkut produksi yang diperoleh yaitu 51.694 BCM/bulan. Sehingga masih belum tercapainya target produksi sebesar 62.577 BCM/bulan, perlu dilakukan alternatif untuk peningkatan berikutnya.

4.2.2. Penambahan Jumlah Unit *Dumptruck* (Cara 2)

Cara kedua yang dilakukan yaitu dengan penambahan jumlah 1 unit *dumptruck* yang awalnya 4 unit tiap *fleet* menjadi 5 unit, sehingga kemampuan produksi dari alat pun meningkat pula. Setelah dilakukan cara kedua ini, maka kemampuan produksi yang diperoleh yaitu 58.694 BCM/bulan. Sehingga masih belum tercapainya target produksi sebesar 62.577 BCM/bulan, perlu dilakukan alternatif untuk peningkatan berikutnya

4.2.3. Peningkatan Jumlah Curah *Bucket* (Cara 3)

Jumlah curah *bucket* rata-rata dalam satu pengisian *vessel* adalah 5 kali. Hal ini mempengaruhi produksi alat muat dan alat angkut karena dinilai kurang optimal. Maka dari itu, dilakukan alternatif penambahan jumlah curah *bucket* menjadi 7 kali curah. Dengan cara tersebut, maka dapat meningkatkan produksi alat muat dan alat angkut yang dimiliki PT. Antam Tbk UBPN Sultra. Setelah melakukan perbaikan jumlah curah *bucket* produksi yang diperoleh yaitu 65.737 BCM/bulan, sehingga sudah mencapai target produksi

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

- Faktor – faktor penyebab belum tercapainya target produksi dari alat muat dan alat angkut adalah rendahnya waktu kerja efektif yang disebabkan hambatan - hambatan kerja dari alat muat dan alat angkut serta kurang optimalnya waktu edar, kondisi jalan angkut yang belum memenuhi standar yang menyebabkan kurangnya jumlah curah *bucket* pada saat pengisian *vessel* .
- Upaya peningkatan produksi dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain sebagai berikut:
 - Cara pertama yang dilakukan untuk mendapatkan hasil produksi dari alat muat dan alat angkut yaitu melakukan peningkatan efisiensi kerja dengan meminimalkan waktu hambatan kerja yang bisa dihindari sehingga alat bisa bekerja secara optimal. Setelah meminimalkan waktu hambatan maka efisiensi kerja alat muat Hitachi Zaxis 350 dari 69,1% menjadi 71,5% , alat angkut 69% menjadi 72,7% pada *fleet* 1 dan alat muat Zaxis 350 dari 69 % menjadi 72,4 % , alat angkut 69,4% menjadi 71,6% pada *fleet* 2. Sehingga membuat kemampuan produksi meningkat sebesar 51.694 BCM/bulan.
 - Cara kedua yang dilakukan yaitu dengan penambahan jumlah alat angkut 1 unit *dumptruck* pada masing-masing *fleet*, sehingga produksi menjadi 61.697 BCM/bulan.
 - Cara ketiga yang dilakukan yaitu dengan melakukan penambahan jumlah curah *bucket*. Jumlah curah *bucket* rata-rata dalam satu pengisian *vessel* adalah 5 kali dan dinilai kurang optimal. Hal ini mempengaruhi produksi alat muat dan alat angkut, maka dari itu dilakukan alternatif penambahan jumlah curah *bucket* menjadi 7 kali Sehingga membuat kemampuan produksi meningkat sebesar 64.747 BCM/bulan, dan target produksi tercapai.

5.2. Saran

- Perlunya pengawasan lebih terhadap kinerja dari para pekerja yang ada di lapangan dan pendisiplinan jadwal kerja yang ada.
- Perlu dilakukan penambahan jumlah curah *bucket* dalam satu pengisian *vessel* sehingga

target produksi yang direncanakan dapat tercapai

3. Melebarkan jalan angkut pada segmen G-H, F²-G² agar memperlancar proses pengangkutan dan melakukan pengerasan jalan pada segmen jalan 1-2, 2-3 dan 3-4 setebal 10 inch untuk mengurangi resiko terjadi amblas pada alat angkut .

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Awang, Suwandhi. 2014. *Perencanaan Jalan Tambang*. Diktat Perencanaan Tambang Terbuka, UNISBA. Bandung.
2. Christina N. Burt, 2014. *Model for Mining Equipment Selection* [jurnal], Curtin University Of Technology. Perth Australia.
3. Couzens, T.R. 1979. Aspects Of Production Planning: Operating layout and phase plans. In: Open Pit Mine Planning and Design (J.T. Crawford and W.A. Hustrulid, editors): 217-232. SME
4. Hustrulid, W. And Kuchta M. 1998. *Open Pit Mine Planning & Design Volume 1*. A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield.
5. Hitachi, 2008, *Hitachi : Zaxis Dash-5 Utility Class Excavators*, USA
6. Kaufman, W.W., and Ault J.C, 1977, *Design of Surface Mine Haulage Roads-A Manual*. U.S Dept. of The Interior, Bureau Mines
7. Komatsu, 2009, *Komatsu: Specification & Application Handbook Edition 30*, Japan.
8. Mohammadi Mousa, *Performance Measurement of Mining Equipment*, Internasional Journal Of Emerging Tecnology and Advanced Engineering. Varansi India.
9. Morgan, W. and Peterson, L. (1968), Determining Shovel-Truck Productivity, *Mining Engineering*, 76-80, December.
10. Nakajima S., "Introduction to TPM: total productive maintenance", Productivity Press, Cambridge, 1988 .
11. Nicols, H.L., and Day D.A, 1999, *Moving the Earth – The Workbook of Excavation 4th ed*, McGraw-Hill, New York
12. Partanto, Projosumarto. 1983. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Departemen Tambang, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
13. Peurifoy. RL, 1979, *Construction Planning Equipment and Methods*, Three Edition, Mc Graw Hill Internasional Book Company, London, Sydney, Tokyo, p38.
14. Pfeleider, E.P., 1972. *Surface Mining 1st Edition*, America Institute of Minin, Metallurgical, and Petroleum Engineers, New York.
15. Roy, Obed 2018. *Kajian Teknis Produksi Alat Muat Dan Alat Angkut Untuk Memenuhi Kegiatan Produksi Batubara Di Blok Selatan Pt. Putra Hulu Lematang Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan* [Skripsi], Yogyakarta, Universitas Pembangunan Nasional "veteran" Yogyakarta
16. Rudy, Azwari. 2016. *Evaluasi Jalan Angkut Dari Front Penambangan Batubara Menuju Stockpile Block B pada Penambangan Batubara di PT Minemex Indonesia, Desa Talang Serdang Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sorolangun Provinsi Jambi*. [Jurnal Evaluasi Jalan Tambang, Geometri Jalan Tambang], Bandung, Universitas Islam Bandung.
17. Thoni Riyanto, *Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri dan Daya Dukung Tanah pada Lapisan Dasar Pit Tutupan Area Highwal 2016*. [Jurnal Daya Dukung Jalan Tambang, Evaluasi Jalan Tambang, Geometri Jalan Tambang]
18. Waterman, Sulistyana. 2017. *Perencanaan Tambang*. Prodi Teknik Pertambangan. UPN "Veteran" Yogyakarta. Yogyakarta.
19. Yanto, Indonesianto. 2013. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Program Studi Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta. Yogyakarta.