

Analisis Kebutuhan Alat Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Penambangan *Soil* di Area 242 Dengan Penerapan Metoda Antrian Untuk Memenuhi Target Produksi *Clay* 3000 Ton/hari

Padeni Herlita^{1*}, Murad Murad^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*padeniherlita160892@gmail.com

Abstract. Area 242 is a mining location located in the PT. Semen Padang area, in the process of clay mining in area 242 it uses 13 units of transport equipment and 1 piece of loading equipment. The production target for clay stripping / day is not achieved. This is due to lack of good composition of mechanical devices and the amount of waiting time that occurs on the conveyance. The purpose of this study was to calculate the productivity of the tool, calculate the harmony of the device in soil use, get the effort and reduce the queuing time on soil production in the 242 area, and get a match factor equal to 1. In this study combined between theory and field data, so that the approach to problem solving can be obtained. And the results of data processing will be analyzed to produce a recommendation. Based on the results of the study it can be concluded. First, the productivity of Kobelco SK200 on fleet 1 is 1,322.4 tons / day and the productivity of the DT Hino 500 FM260TI is 1,308.5 tons / day. Secondly, after being upgraded by 2 fleet and the addition of 1 unit of Kobelco SK200 type excavator and Kobelco SK200 productivity is 3,037.34 tons / day and DT Hino 500 FM260TI 13 units then the conveyance becomes 3006.38 tons / day. Third, efforts to reduce the queuing time to improve the composition of the tool to MF = 1. Fourth, analysis of MF calculation = 1 on fleet 1 = 13 units of Hino, fleet 2 = 13 units.

Keywords: production, match factor, queuing theory, excavator, dumptruck

1. Pendahuluan

Penambangan *clay* PT. Semen Padang dilakukan pada Area 242 dengan IUP 412 Ha Bukit Tajarang. Saat ini IUP 412 baru dibuka seluas 242 Ha. Dalam melakukan penambangan *Clay* PT. Semen Padang bermitra dengan kontraktor PT. SPM (Stevedore Putra Mandiri), kontraktor menyediakan 2 Unit *Excavator Kobelco SK 200* dan 16 Unit *Dump Truck Hino 500 FM260TI*. Target produksi harian *Clay* sebanyak 3000 ton. Target produksi harian selama bulan januari 2018 berkisar hanya 364,61 Ton – 1.418,2 ton. Berdasarkan pengamatan penulis tidak tercapainya target produksi terjadi karena rendahnya waktu kerja efektif, tidak diperhatikannya kapasitas produksi, gangguan pada *mineral sizer*, dan ketidakserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut. Lokasi penambangan ini merupakan *site* baru di daerah Bukit tajarang pada proses pengupasan *soil* ini menggunakan 16 unit alat angkut (aktif 10 unit) dan 2 unit alat muat, alat muat yang digunakan yaitu *excavator Kobelco SK 200* dengan alat angkut yaitu *Dump Truck Hino 500 FM260TI*, padaproduksi pengupasan *soil*, tidak tercapainya target produksi^[1].

Tingkat ketercapaian produksi salah satunya dipengaruhi oleh pola pemuatan dari alat angkut dan alat gali-muat. Pola pemuatan akan mempengaruhi waktu edar alat. Pola pemuatan yang digunakan tergantung pada kondisi lapangan serta alat mekanis yang digunakan, dengan harapan bahwa setiap alat angkut yang datang, maka mangkuk (*bucket*) alat gali-muat sudah terisi penuh dan siap untuk ditumpahkan ke bak alat angkut. Cara pemuatan material oleh alat muat ke dalam alat angkut ditentukan oleh kedudukan alat muat terhadap material dan alat angkut, apakah kedudukan alat muat tersebut berada lebih tinggi atau kedudukan kedua-duanya sama tinggi^[2].

Pola pemuatan yang digunakan pada penambangan *soil* merupakan penambangan *top loading*, kedudukan alat muat lebih tinggi dari alat angkut atau alat muat berada di atas tumpukan material atau berada di atas jenjang. Cara ini hanya dipakai pada alat muat *backhoe*. Selain itu operator lebih leluasa untuk melihat bak alat angkut dan menempatkan material^[3].

Pada dasarnya, antrian dihasilkan dari permintaan sementara melebihi kapasitas layanan fasilitas, setiap kali pelanggan yang tiba tidak bisa menerima pelayanan segera karena semua *server* sibuk. Situasi ini adalah

hampir selalu terjadi di beberapa waktu dalam setiap sistem yang memiliki kedatangan probabilistik dan pola layanan. Antrian terdapat pada kondisi apabila objek-objek menuju suatu area untuk dilayani, namun kemudian menghadapi keterlambatan disebabkan oleh mekanisme pelayanan mengalami kesibukan. Antrian timbul karena adanya ketidakseimbangan antara yang dilayani dengan pelayannya^[4].

Analisa dari teori antrian menyediakan informasi tentang kemungkinan yang dapat membantu dalam mengambil keputusan untuk menciptakan sistem antrian dengan tujuan untuk mengatasi permintaan pelayanan yang fluktuatif secara acak dan menjaga keseimbangan antara biaya pelayanan dan biaya menunggu^[5].

Berdasarkan definisi di atas, maka dapat disimpulkan bahwa antrian adalah suatu proses yang berhubungan dengan suatu kedatangan seseorang pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu antrian pada akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut. Jadi, sistem antrian adalah himpunan pelanggan, pelayanan dan suatu aturan yang mengatur kedatangan para pelanggan dan pemrosesan masalahnya^[6].

Teori antrian adalah teori yang menyangkut studi matematis dan baris-baris penungguan. Formasi ini merupakan fenomena yang sering terjadi jika kebutuhan akan sesuatu pelayanan yang tersedia untuk menyelenggarakan pelayanan tersebut, proses antrian (*queueing process*) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan konsumen pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu barisan (antrian) bila fasilitas pelayanan sedang sibuk konsumen tersebut akan menunggu dan konsumen akan meninggalkan fasilitas pelayanan tersebut apabila sudah mendapatkan pelayanan^[7].

2. Tinjauan Pustaka

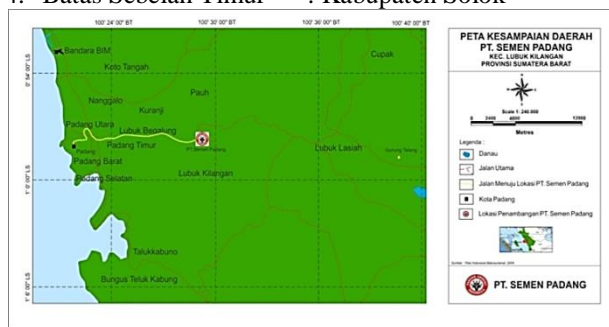
2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di PT. Semen Padang berada di Bukit Karang Putih terletak disekitar Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Padang, Provinsi Sumatera Barat + 15 Km di sebelah Timur Kota Padang. Secara geografis terletak pada 1° 04' 30" LS sampai 1° 06' 30" LS dan 100° 15' 30" BT sampai 100° 10' 30" BT. Berbatasan ke arah barat dengan kota padang, ke arah Timur dengan Kabupaten Solok, ke arah Utara dengan Kabupaten Agam dan ke arah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Pesisir Selatan. Daerah penelitian dilalui oleh jalan utama yang menghubungkan kota padang dan kota Solok. Lokasi penelitian dapat dicapai dari kota Padang lewat jalan darat beraspal dengan kendaraan roda empat sampai di lokasi kantor operasi tambang. Lokasi penambangan batu kapur berada di Bukit Karang Putih yang terletak di Desa Karang Putih. Lokasi penambangan batu kapur dapat diakses melalui jalan yang telah dibeton dengan menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat. Berikut ini merupakan batas daerah lokasi penambangan :

1. Batas Sebelah Utara : Kecamatan Pauh
2. Batas Sebelah Selatan : Kecamatan Lubuk Kilangan

3. Batas Sebelah Barat : Kota Padang

4. Batas Sebelah Timur : Kabupaten Solok



Gambar 1. Peta Kesempaan Daerah Penambangan BatuKapurPT. Semen Padang^[1].

2.2 Kegiatan Geologi

2.2.1 Morfologi

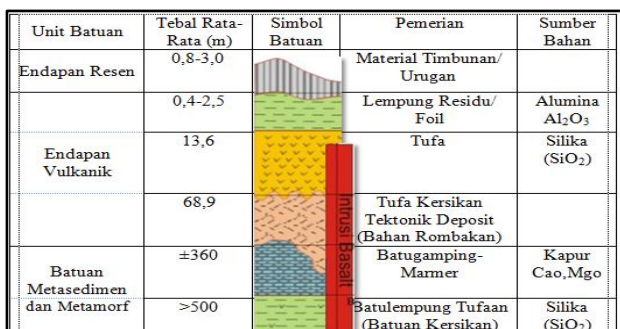
Secara umum morfologi daerah Bukit Karang Putih termasuk ke dalam perbukitan lemah - kuat dan karst dengan kemiringan lereng 200 sampai dengan 650. Daerah Bukit Karang Putih mempunyai luas kurang lebih 1 x 1,5 km², dengan daerah perbukitan yang terjal, terletak pada ketinggian 150 mdpl - 560 mdpl, yang didominasi oleh litologi batu lempung yang telah mengalami perubahan menjadi batu lempung tufa (batu lempung kersikan) terdapat di Tenggara - Selatan daerah penelitian, secara menjadi diendapkan batuan vulkanik. Disamping itu dijumpai batuan terobosan yang berkomposisi basaltis.

2.2.2 Stratigrafi

Struktur yang berkembang di Provinsi Sumatera Barat adalah struktur perlipatan (*antiklinorium*) dan struktur sesar dengan arah umum barat-tenggara, yang mengikuti struktur regional Pulau Sumatera. Kondisi stratigrafi dari struktur geologi Sumatera Barat adalah sebagai berikut:

1. Kelompok pra tersierkelompok ini mencakup masa *Paleozoikum - Mesozoikum*, dipisahkan menjadi kelompok batuan ultrabasa; kelompok batuan melange, kelompok batuan malihan; kelompok batuan gunungapi dan kelompok batuan terobosan.
2. Kelompok batuan ultrabasa pra tersierdisusun oleh batuan harzburgit, dunit, serpentinit, gabro dan basalt.
3. Kelompok melange pra tersiermerupakan kelompok batuan campur aduk yang disusun oleh batu hijau, *graywake*, tufa dan batugamping termetakan, rijang aneka warna. Kelompok batuan malihan pra tersier disusun oleh batuan sekis, filit, kwarsit, batusabak, batugamping termetakan.
4. Kelompok batuan sedimen pra tersieryang didominasi oleh batugamping hablur sedangkan kelompok batuan terobosan Pra - Tersier disusun oleh granit, diorit, granodiorit, porfiri kuarsa, diabas dan basalt.

5. Kelompok transisi pra tersier – tersier bawah yang merupakan kelompok batuan terobosan yang terdiri dari batuan granodiorit dan granit.
6. Kelompok tersier dipisahkan menjadi kelompok batuan ultrabasakelompok batuan melange, kelompok batuan sedimen, kelompok batuan gunungapi dan kelompok batuan terobosan. Kelompok batuan ultrabasa tersier disusun oleh batuan serpentinit, piroksenit dan dunit.
7. Kelompok batuan melang tersier yang merupakan batuan campur aduk disusun oleh *graywake*, serpih, konglomerat, batupasir kwarsa, arkose, serpentinit, gabro, lava basalt dan batusabak.
8. Kelompok batuan sedimen tersier disusun oleh konglomerat, aglomerat, batulanau, batupasir, batugamping, breksi dan napal.
9. Kelompok batuan gunung api tersier disusun oleh batuan gunungapi bersifat andesitik-basaltik, lava basalt sedangkan kelompok batuan terobosan tersier terdiri dari granit, granodiorit, diorit, andesit porfiritik dan diabas.
10. Kelompok transisi tersier–kwarter (Plio-Plistosen) dapat dipisahkan menjadi kelompok batuan sedimen, kelompok batuan gunungapi dan kelompok batuan terobosan.
11. Kelompok batuan sedimen plio-plitosen disusun oleh konglomerat polimik, batupasir, batulanau dan perselingan antara napal dan batupasir.
12. Kelompok batuan gunung api plio-plitosendisusun oleh batuan gunungapi andesitik-basaltik, tufa, breksi dan endapan lahar sedangkan kelompok batuan terobosan plio-plitosen terdiri dari riolit afanitik, retas basalt dan andesit porfir.
13. Kelompok kwarter dipisahkan menjadi kelompok batuan sedimen, batuan gunungapi dan aluvium.



Gambar 2: Gambar Stratigrafi PT Semen Padang^[1].

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Januari 2018 s/d Februari 2018. Lokasi penelitian di Bukit Tajarang, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat.

3.1. Jenis Penelitian

Berdasarkan jenis penggunaannya, penelitian ini termasuk dalam metode penelitian terapan (*applied research*). Penelitian terapan yaitu penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan ilmiah dengan suatu tujuan praktis. Penelitian terapan

berkepentingan dengan penemuan-penemuan yang berkenaan dengan aplikasi dan sesuatu konsep-konsep teoritis tertentu^[8].

3.2. Teknik Pengambilan Data

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan beberapa cara pengumpulan informasi atau data, yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran dan pemahaman mengenai objek yang menjadi fokus penelitian. Untuk memperoleh informasi, penulis menggunakan dua metode pengambilan data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data langsung yang berasal dari lapangan.

Sedangkan data sekunder yaitu data yang berasal dari literatur dan wawancara dengan pihak perusahaan. Kedua metode tersebut digunakan untuk proses pemecahan masalah yang dilakukan oleh penulis.

3.3. Tahap Pengumpulan Data

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan beberapa cara pengumpulan informasi atau data, yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran dan pemahaman mengenai objek yang menjadi fokus penelitian. Untuk memperoleh informasi, penulis menggunakan dua metode pengambilan data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data langsung yang berasal dari lapangan. Sedangkan data sekunder yaitu data yang berasal dari literatur dan wawancara dengan pihak perusahaan. Kedua metode tersebut digunakan untuk proses pemecahan masalah yang dilakukan oleh penulis.

3.3.1. Faktor Pengembangan Material (Swell Factor)

Faktor pengembangan material merupakan perbandingan volume material dalam keadaan *insitu* dengan volume batuan dalam keadaan *loose*. Nilai *swell factor* untuk berbagai macam material dapat dilihat pada:

Tabel 1. Swell Factor Material

Macam Material	Density Insitu (lb/cu yd)	Swell Faktor (%)
Bauksit	2.700 – 4.325	75
Tanah liat kering	2.300	85
Tanah liat basah	2.800 – 3.000	80 – 82
Antrasit	2.200	74
Batubara bituminus	1.900	74
Bijih tembaga	3.800	74
Tanah biasa kering	2.800	85
Tanah biasa basah	3.370	85
Tanah biasa bercampur pasir dan kerikil	3.100	90
Kerikil kering	3.250	89
Kerikil basah	3.600	88
Granit pecah – pecah	4.500	56 – 67
Hematit pecah – pecah	6.500 – 8.700	45
Bijih besi pecah – pecah	3.600 – 5.500	45
Batu kapur pecah – pecah	2.500 – 4.200	57 – 60
Lumpur	2.160 – 2.970	83
Lumpur sudah ditekan	2.970 – 3.510	83
Pasir kering	2.200 – 3.250	89
Pasir basah	3.300 – 3.600	88
Serpih (shale)	3.000	75
Batu sabak (slate)	4.590 – 4.860	77

3.3.2. Bucket Fill Factor

Besarnya nilai faktor isian mangkuk (*bucket fill factor*) tergantung dari jenis material yang akan digali. Untuk faktor *bucket excavator* diperoleh berdasarkan Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. *Bucket Fill Factor*

<i>Backhoe</i>		
Kondisi Operasi/ Penggalian		Bucket Factor
Mudah	Tanah clay, agak lunak	1,1 – 1,2
Sedang	Tanah asli kering, berpasir	1,0 – 1,1
Agak sulit	Tanah asli berpasir dan berkerikil	0,8– 0,9
Sulit	Tanah keras bekas ledakan	0,7 – 0,8
<i>Shovel</i>		
Mudah	Tanah clay, agak lunak (biasa)	1,0 – 1,1
Sedang	Tanah Gembur campur Kerikil	0,95 – 1,0
Agak Sulit	Batu keras bekas ledakan ringan	0,90 – 0,95
Sulit	Batu keras bekas ledakan	0,85 – 0,90

3.4. Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukanyaitu *cycle time excavator, cycle time, dumptruck*, untuk pengupasan *soil*. Pengambilan waktu edar dilakukan berdasarkan alat-alat yang digunakan pada proses penambangan di area 242.

3.4.1. Waktu Edar (Cycle Time)

Waktu edar adalah waktu yang diperlukan alat berat untuk menyelesaikan suatu proses gerakan mulai dari gerakan awal hingga akhir dan kembali kesemula atau awal (menggali, memuat, mengangkat, membuang, *manuver*, kembali^[8]).

Waktu edar dibagi dua:

3.4.1.1. Waktu Tetap (Fixed Time)

Waktu tetap adalah waktu yang diperlukan untuk gerakan-gerakan tetap, seperti: memuat, menumpahkan dan manuver.

3.4.1.2. Waktu Tidak Tetap (Variable Time)

Waktu tidak tetap adalah waktu yang berubah-ubah tergantung dari jarak dan kondisi lapangan.

Waktu Siklus = Waktu Tetap + Waktu Tidak Tetap

Untuk memperbesar produksi alat berat perjam, yaitu dengan memperkecil waktu edar sehingga trip/rit dalam jam menjadi besar. Beberapa cara untuk mengurangi waktu edar, sebagai berikut:

1. Pemuatan material oleh alat diusahakan merupakan pemuatan kebawah dan jangan keatas.

2. Sesuaikan jumlah alat pengangkutan dengan kemampuan alat pemuat sehingga tidak ada alat pengangkut yang menunggu untuk dimuat material.
3. Mengurangi waktu tidak tetap/mengurangi waktu tidak tetap dapat dilakukan dengan.
4. Menentukan jalur/*route* kerja betul dan ekonomis dari beberapa alternatif.
5. Pemeliharaan jalan kerja secara teratur/rutin dan jangan sampai rusak karena menunggu operasional kerja.

Berikut ini cara untuk menghitung waktu siklus waktu edar yang dibutuhkan oleh alat gali-muat (*excavator*):

$$C_{tm} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

Keterangan:

- C_{tm} = Waktu edar alat muat
- T₁ = Waktu gali
- T₂ = Waktu *swing* isi
- T₃ = Waktu tumpah
- T₄ = Waktu *swing* kosong

Waktu edar yang dibutuhkan oleh alat angkut (*dump truck*):

$$C_{ta} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6$$

Keterangan:

- C_{ta} = Waktu edar alat angkut
- T₁ = Waktu ambil posisi untuk dimuat
- T₂ = Waktu diisi muatan
- T₃ = Waktu mengangkut muatan
- T₄ = Waktu mengambil posisi untuk *manuver*
- T₅ = Waktu untuk membuang muatan
- T₆ = Waktu untuk kembali

3.4.2. Ketersediaan Alat Mekanis

Ketersediaan alat mekanis juga sering disebut dengan *availability* suatu alat mekanis. Beberapa jenis *availability* alat yang dapat menunjukkan keadaan alat mekanis dan keefektifan penggunaannya antara lain :

3.4.3. Mechanical Availability

Mechanical Availability adalah faktor *availability* yang menunjukkan kesiapan (*available*) suatu alat dari waktu suatu alat yang hilang dikarenakan kerusakan atau gangguan alat (*mechanical reason*)

$$MA = \frac{\text{hours worked}}{\text{hours worked} + \text{repair hours}} \times 100\%$$

Keterangan:

- Hours work*= waktu yang dimulai dari operator berada di dalam suatu alat dimana alat tersebut dalam keadaan *operable* (siap dipakai dalam operasi).
- Repair hour*= merupakan waktu yang hilang dikarenakan menunggu perbaikan alat.

3.4.4. *Physical Availability*

Physical Availability adalah faktor *availability* yang menunjukkan berapa jam (waktu) suatu alat dipakai selama jam total kerjanya (*schedule hours*). Jam kerja total meliputi *working hours+repair hours+standby hours*.

1. *Standby hours* adalah waktu dimana alat siap pakai atau tidak rusak, tetapi karena satu dan lain hal tidak dipergunakan ketika operasi penambangan sedang berlangsung. Perlu diingat bahwa *off shift* tidak diperhitungkan sebagai *standby hours*.
2. *Schedule hours* adalah waktu dimana tambang dikerjakan (*the pit is worked*). Dan hal ini meliputi *hours worked+repair hours+standby hours*.

$$PA = \frac{\text{hours worked} + \text{standby hours}}{\text{schedule hours}} \times 100\%$$

Physical availability akan menunjukkan catatan sejarah alat dan menunjukkan apa yang sudah dilakukan selama selang waktu yang lampau. *Physical availability* merupakan faktor *availability* penting untuk menyatakan unjuk kerja *mechanical* alat dan juga sebagai petunjuk terhadap efisiensi mesin dalam program penjadwalan. Nilai *physical availability* biasanya lebih besar daripada nilai *mechanical availability*, tetapi nilai keduanya bisa sama, apabila *standby hours* sama dengan 0. Jika nilai *physical availability* mendekati nilai *mechanical availability*, berarti efisiensi operasi meningkat.

3.4.5. *Use of Availability*

Dari *use of availability* (UA) akan dapat diketahui apakah suatu pekerjaan berjalan dengan efisien atau tidak. Selain itu dapat juga diketahui apakah pengelolaan alat berjalan dengan baik atau tidak.

$$UA = \frac{\text{hour sworked}}{\text{hour sworked} + \text{standby hours}} \times 100\%$$

3.4.6. *Effective Utilization*

Effective utilization merupakan angka yang menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif. Nilai EU inilah yang digunakan sebagai efisiensi kerja suatu alat.

$$EU = \frac{\text{hours worked}}{\text{total hours}} \times 100\%$$

3.4.7. *Sinkronisasi Alat Muat dan Alat Angkut (Match Factor)*

Keserasian kerja yang dimaksud ini adalah bahwa keserasian antara alat muat yang berkerjasama dengan alat angkut, yang diharapkan adalah efisiensi 100%. Hal ini berarti alat muat maupun alat angkut tidak pernah menunggu tanpa rencana^[9].

3.5. Teori Antrian

Sebagai contoh, pada operasi penambangan yang melibatkan sebuah alat gali-muat, dan beberapa truk yang terdiri dari empat tahap, yaitu^[9]:

1. Tahap 1 merupakan tahap pemuatan alat angkut, μ_1
2. Tahap 2 merupakan pelayanan pengangkutan ke storage, μ_2
3. Tahap 3 merupakan pelayanan alat angkut menumpahkan muatannya, μ_3
4. Tahap 4 merupakan pelayanan truk kembali ke front penambangan, μ_4

3.6. *Ketersediaan Alat Mekanis*

1. *Mechanical Availability*

$$MA = \frac{\text{hours worked}}{\text{hours worked} + \text{repair hours}} \times 100\%$$

Keterangan:

Hours worked= waktu yang dimulai dari operator berada di dalam suatu alat dimana alat tersebut dalam keadaan *operable* (siap dipakai dalam operasi).

Repair hours= merupakan waktu yang hilang dikarenakan menunggu perbaikan alat juga termasuk waktu untuk penyediaan suku cadang dan waktu perawatan preventif.

2. *Physical Availability*

$$PA = \frac{\text{hours worked} + \text{standby hours}}{\text{schedule hours}} \times 100\%$$

3. *Use of Availability*

$$UA = \frac{\text{hours worked}}{\text{hours worked} + \text{standby hours}} \times 100\%$$

4. *Effective Utilization*

$$EU = \frac{\text{hours worked}}{\text{total hours}} \times 100\%$$

Dari efisiensi kerja yang dihasilkan antara waktu efektif yang produktif dengan waktu kerja yang tersedia, hal ini merupakan salah satu *factor* yang dapat mempengaruhi besar kecilnya produksi alat yang dicapai, dari pengalaman dilapangan pekerja mesin tidak mungkin bekerja 60 menit dalam 1 jam, sehingga efisiensi kerja jarang mencapai lebih dari 77,3% dalam artian bagus.

Tabel 3. MA, PA, UA, dan EU alat gali-muat dan angkut

No	Alat	MA %	PA %	UA %	EU %
1	Dumptruck	88,9	90,9	80,0	72,7
2	Excavator	89,5	90,9	85,0	77,3

3.7. Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja efektif adalah jumlah waktu sesungguhnya yang digunakan untuk melakukan operasi penambangan *soil* di PT. Semen Padang. Waktu kerja efektif dihitung berdasarkan waktu kerja formal dikurangi waktu kerja yang hilang karena adanya hambatan-hambatan atau gangguan dalam operasi produksi^[10].

Hal ini dikarenakan pada kondisi nyata di lapangan tidak semua waktu kerja formal yang telah disediakan oleh perusahaan benar-benar dapat dimanfaatkan secara optimal oleh para operator dan alatnya untuk beroperasi. Hambatan-hambatan yang terdapat dalam operasi penambangan tersebut tentunya akan mengurangi waktu kerja efektif dari alat-alat mekanis. Namun hambatan-hambatan tersebut dapat ditekan dengan berusaha sebaik mungkin untuk meningkatkan waktu kerja efektif dari alat mekanis, sehingga produksi yang dihasilkan dapat ditingkatkan. Adapun waktu kerja efektif pada aktivitas penambangan *soil* di PT. Semen Padang, dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Waktu Kerja Efektif Penambangan *Soil* Area 242

Jam kerja	Jam efektif (menit)	Jam gangguan (menit)	Keterangan
07.00 –	0	30	Operator belum
07.30 08.15	0	45	Operator <i>dumpttruck</i> Mengisi Bahan Bakar dan Mulai
			Operator <i>excavator</i> , PJO kontraktor, <i>Checker</i> dan Pengawas mencapai lokasi penambangan dengan menumpang DT
08.15 09.00	45	0	Operasi penambangan
09.00 10.00	60	0	Operasi penambangan
10.00 11.00	60	0	Operasi penambangan
11.00 12.00	30	30	Dipercepat operator karena Makan Siang tidak disediakan oleh pihak kontraktor, sehingga saat <i>Hauling</i> kosong menuju site 242 operator akan berhenti dulu di ampera untuk membeli nasi
			Dikarenakan tidak adanya DT yang beroperasi, operator <i>excavator</i> pun ikut beristirahat
12.00 12.45	0	45	ISHOMA
12.45 14.00	75	0	Operasi penambangan
14.00 15.00	60	0	Operasi penambangan
15.00 16.00	30	30	Istirahat shalat ashar

16.00 17.00	60	0	Operasi penambangan
17.00 18.00	60	0	Operasi penambangan
18.00 19.00	0	60	ISHOMA
19.00 20.00	60	0	Operasi penambangan
20.00 21.00	60	0	Operasi penambangan
21.00 22.00	60	0	Operasi penambangan
Total	660	240	

Berdasarkan tabel di atas, maka dapat ditentukan bahwa waktu kerja efektif penambangan *soil* di PT. Semen Padang perharinya adalah 11 Jam dari total jam kerjanya selama 15 jam

3.8. Efisiensi Kerja Alat

Sebelum dilakukan perhitungan produktivitas alat gali muat dan angkut terlebih dahulu harus dihitung jam kesediaan alat yang digunakan pada *Excavator*, *Dump truck* saat melakukan pekerjaan penambangan *soil* di Area 242 Ha. Tabel 5 merupakan waktu yang dibutuhkan alat dalam kegiatan penambangan di Area 242 Ha Januari 2018:

Table 5. Waktu yang dibutuhkan alat dalam penambangan

No	Alat	Jam Tersedia (Jam)	R (Repair) Jam	W (Work) Jam	S (standby) Jam
1	Hino 500 FM 260 TI	341	31	248	62
2	Kobelco SK 200	341	31	263,5	46,5

3.9. Kondisi Jalan Angkut

Proses pengangkutan *soil* dilakukan dari *front* penambangan ke *storage* Indarung VI, dengan jarak 8,3 km. Kondisi jalan angkut mempunyai kemiringan (*grade*) beragam dengan nilai maksimal 15,26 %, yang artinya kemiringan maksimal permukaan jalan menanjak 15,26 meter secara vertikal dengan jarak 100 meter secara horizontal. Selain itu jalan angkut juga melewati jalan raya indarung sepanjang 23,2 m. Gambar jalan angkut penambangan dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:



Gambar 2. Jalan Angkut Penambangan *Soil*

3.10. Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut

3.10.1 Perhitungan Produktivitas Alat Muat

3.10.1.1. *Swell factor*

Swell factor (faktor pengembangan) menunjukkan nilai perubahan berupa penambahan ataupun pengurangan volume material (tanah) yang telah digali. Untuk menghitung nilai *swell factor* pada penelitian ini memanfaatkan persamaan yaitu persentase perbandingan antara volume material *insitu* (sebelum digali) dengan volume material dalam keadaan *loose* (setelah digali)^[11].

$$\begin{aligned} \text{Swell Factor} &= \frac{V_{\text{undisturbed}}}{V_{\text{loose}}} \times 100\% \\ &= \frac{0,95}{1,3} \times 100\% \\ &= 73\% \end{aligned}$$

3.10.1.2. *Fill factor* (faktor pengisian)

Faktor pengisian merupakan persentase perbandingan antara kapasitas nyata dengan kapasitas *bucket* secara teoritis alat muat sesuai dengan spesifikasi alat muat yang digunakan^[12].

Nilai faktor pengisian pada penelitian ini ditentukan berdasarkan Tabel 6.

Tabel 6. *Factor Bucket*

Kondisi Pemuatan		Faktor
Ringan	Menggali dan memuat dari <i>stockpile</i> atau material yang telah di keruk oleh <i>excavator</i> lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam <i>bucket</i> . Pasir, tanah berpasir, tanah koloidal dengan kadar	1,0 -0,8
Sedang	Menggali dan memuat <i>stockpile</i> lepas dari tanah yang lebih sulit untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung.	0,8– 0,6
Agak sulit	Menggali dan memuat batu-batu pecah, tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat, tanah liat, dengan kadar air tinggi, yang telah di <i>stockpile</i> oleh <i>excavator</i> lain. Sulit untuk mengisi <i>bucket</i> dengan material tersebut.	0,6 – 0,5
Agak Sulit	Bongkahan, batuan besar dengan bentuk tak beraturan dengan ruangan diantaranya batuan hasil ledakan, batuan bundar, pasir campuran batu-batu bundar, tanah liat yang sulit untuk dikeruk dengan <i>bucket</i> .	0,5 – 0,4

3.10.1.3. *Waktu siklus alat muat*

Waktu siklus ini bertujuan untuk mengetahui total waktu yang dibutuhkan *excavator* untuk melakukan kegiatan pemuatan ke *dumptruck*. Setiap alat memiliki waktu siklus yang berbeda-beda. Besar kecilnya waktu siklus dipengaruhi oleh waktu yang diperlukan alat untuk menggali material (waktu *digging*), mengangkat material ke *dumptruck* (waktu *swing* isi), membongkar material (waktu *loading*), dan kembali ke tempat pemuatan material semula (waktu *swing* kosong)^[13]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penyusun, diketahui rata-rata waktu *digging* alat (Tm1) adalah 5,67 detik, waktu *swing* isi (Tm2) adalah 5,4 detik, waktu *loading* (Tm3) adalah 4,73 detik, dan waktu *swing* kosong (Tm4) adalah 4,9 detik.

3.10.1.4. *Waktu siklus alat angkut*

Waktu siklus alat angkut adalah total waktu yang dibutuhkan alat angkut untuk melakukan kegiatan peluncuran material ke *dumping poin* kemudian kembali lagi ke lokasi *loading poin* untuk melakukan pemuatan material. Pada penelitian ini waktu siklus *dumptruck* dihitung dengan menjumlahkan waktu yang dibutuhkan *dumptruck* untuk *manuver* untuk pengisian material, menunggu pemuatan dari alat gali, mengangkat material menuju lokasi *dumping poin*, meluncurkan material, kembali menuju lokasi *loading poin*, menunggu giliran pemuatan material.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penyusun, diketahui rata-rata waktu *manuver* kosong (Ta1) adalah 33,33detik, waktu menunggupemuatan material (Ta2) adalah 318,37detik, waktu *hauling* isi (Ta3) adalah 1994,63detik, dan waktu *maneuver* isi (Ta4) adalah 74,10detik, waktu *dumping* (Ta5) adalah 116,63 detik, waktu *hauling* kosong (Ta6) adalah 1633,80detik, waktu tunggu pemuatan (Ta7) adalah 178,93detik.

3.11. **Probabilitas Keadaan Antrian(simulasiantrian)**

Probabilitas keadaan antrian ditentukan oleh jumlah alat angkut yang digunakan dan keadaan antrian yang terdiri dari 4 tahap. Empat tahap tersebut adalah sebagai berikut:

1. Tahap I (μ_1) merupakan tahap pelayanan alat gali-muat untuk memuat material ke alat angkut hingga terisi penuh
2. Tahap 2 (μ_2) yaitu merupakan tahap pelayanan sendiri yaitu tahap dimana alat angkut dalam perjalanan untuk mengangkat material menuju ke *storage*.
3. Tahap 3 (μ_3) yaitu tahap pelayanan alat angkut menumpahkan material di *storage*.
4. Tahap 4 (μ_4) merupakan tahap pelayanan sendiri, yaitu alat angkut tidak bermuatan kembali ke *front loading*.

Jumlah alat angkut (N) yang dilayani oleh *Kobleco SK 200* adalah 13 unit dengan 4 tahap antrian (M). Sehingga banyaknya kemungkinan keadaan antrian adalah:

$$\binom{N+M-1}{N} = \frac{(N+M-1)!}{(M-1)!N!}$$

$$= \frac{(13+4-1)!}{(4-1)!13!}$$

$$= 560 \text{ keadaan}$$

3.12. Rencana Peningkatan Produksi

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi alat mekanis pada aktivitas penambangan *soil* di PT. Semen Padang adalah dengan cara meningkatkan waktu kerja efektif alat tersebut. Hal ini disebabkan karena waktu kerja efektif berbanding lurus dengan besarnya produksi alat mekanis, yang berarti semakin besar waktu kerja efektif, maka produksi juga akan semakin besar.

Menurut pengamatan dan analisa yang telah dilakukan penulis, produktivitas alat pada saat ini belum mampu untuk mencapai target produksi yang telah ditetapkan. Rendahnya waktu kerja efektif sehingga efisiensi kerja alat pun juga ikut rendah menjadikan salah satu faktor ketidaktercapaian produksi alat tersebut. Yang mana hal ini disebabkan oleh adanya hambatan-hambatan yang terjadi, baik berupa hambatan yang dapat dihindari dan tidak dapat dihindari. Selain itu sedikitnya waktu kerja yang tersedia juga mempengaruhi rendahnya waktu kerja efektif yang ada. Maka dari itu, untuk meningkatkan waktu kerja efektif dapat dilakukan dengan cara mengurangi atau menghilangkan hambatan-hambatan yang dapat dihindari atau menambah waktu kerja yang tersedia.

3.12.1. Perbaikan Terhadap Hambatan-Hambatan

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan oleh penulis, operator alat muat dan alat angkut rata-rata memiliki keterlambatan datang ke tempat kerja yang sama yaitu 30 menit. Hambatan ini dapat ditekan dengan adanya pengawasan yang lebih baik dari pengawas, sehingga hambatan keterlambatan dapat ditekan menjadi 0 menit. Operator alat muat dan alat angkut berhenti bekerja sebelum waktu kerja berakhir dengan besaran waktu 30 menit.

Hambatan ini juga dapat ditekan kepada pihak kontraktor untuk dapat menyediakan makan siang operator sehingga operator tidak perlu lagi berhenti beroperasi terlalu cepat. Dengan solusi tersebut maka hambatan berhenti bekerja di awal waktu dapat ditekan menjadi 0 menit. Dengan adanya efektifitas waktu tersebut maka hambatan istirahat yang terlalu cepat dapat ditekan sebanyak 20 menit. Selain itu waktu istirahat sholat ashar juga dapat ditekan menjadi 20 menit, yang mana pada awalnya adalah 30 menit. Berdasarkan pengoptimalan waktu efektif diatas maka dapat dihitung kemungkinan peningkatan waktu kerja efektif, adalah sebagai berikut:

Hambatan yang diperbaiki	Menit/hari		
	Sebelum ditekan	Sesudah ditekan	Penambahan waktu efektif
Operator terlambat masuk kerja	30	0	30
Operator berhenti kerja di awal waktu	30	0	30
Waktu istirahat operator terlalu lama	45	25	20
Waktu sholat ashar operator terlalu lama	30	20	10
Total waktu	135	45	90

Setelah peningkatan efisiensi kerja, maka produksi yang akan dihasilkan oleh alat muat dan alat angkut juga ikut meningkat. Produksi alat muat mulai dari 1.308,5 ton/hari menjadi 1.818,25 ton/hari, sedangkan produksi alat angkut dari 1.322,4 ton/hari menjadi 1.799,8 ton/hari. Dengan angka produktivitas ini maka dapat dijelaskan bahwa target produksi penambangan *soil* sebanyak 3000 ton/hari masih belum tercapai. Oleh karena itu dibutuhkan upaya tambahan untuk meningkatkan produksi sesuai dengan target yang diinginkan diantaranya yaitu dengan melakukan peningkatan waktu kerja yang tersedia bagi operator untuk operasi produksi serta penambahan jumlah unit alat muat ataupun alat angkut.

3.13. Meningkatkan Waktu Kerja Yang Tersedia

Dapat dijelaskan bahwa sistem penambangan *Soil* PT Semen Padang dengan target produksi 3000 ton/hari tidak dapat dilakukan dengan proses satu *fleet* penambangan, sehingga proses penambangan harus dijadikan 2 *fleet* penambangan. Penentuan waktu kerja yang tersedia supaya target produksi 3000 ton/hari terpenuhi dengan proses 2 *fleet* penambangan. Maka waktu yang disediakan perusahaan untuk aktivitas penambangan *soil* seharusnya 12 jam/hari. Dengan adanya penambahan waktu kerja yang tersedia ini maka dapat direncanakan kemungkinan jadwal kerja sehingga peningkatan waktu kerja efektif dan efisiensi kerja dapat dihitung pada tabel 8 dibawah ini:

Tabel 7. Peningkatan Waktu Kerja Efektif

Tabel 8.Rincian Rencana Waktu Kerja

Jadwal Kerja		Keterangan	Klasifikasi Waktu	Waktu (jam)
Awal	Akhir			
7:00	7:45	Waktu Persiapan Operasi	Jam Gangguan	0.8
7:45	12:20	Waktu Kerja	Jam Efektif	4.6
12:20	12:45	Waktu ISHOMA	Jam Gangguan	0.4
12:45	15:40	Waktu Kerja	Jam Efektif	2.9
15:40	16:00	Waktu Ibadah	Jam Gangguan	0.3
16:00	18:30	Waktu Kerja	Jam Efektif	2.5
18:30	19:00	Waktu ISHOMA	Jam Gangguan	0.5
Total				12

3.14. Produksi Alat Setelah Meningkatkan Waktu Kerja Yang Tersedia

Berdasarkan perhitungan sebelumnya bahwa untuk mencapai target produksi sebesar 3000 ton/hari, maka sistem penambangan harus dilakukan secara 2 *fleet*. Hal ini juga menjelaskan bahwa harus dilakukan penambahan 1 unit alat muat *type* Kobelco SK200. Setelah peningkatan sistem penambangan menjadi 2 *fleet* dan waktu kerja yang tersedia, maka produksi yang akan dihasilkan oleh alat muat dan alat angkut juga akan ikut meningkat. Produksi alat muat mulai dari 1.818,25 ton/hari menjadi 3.037,34 ton/hari sedangkan produksi alat angkut dari 1.322,42 ton/hari menjadi 1.503,42 ton/hari. Dengan angka produktivitas ini maka dapat dijelaskan bahwa target produksi penambangan *soil* sebanyak 3000 ton/hari masih belum tercapai. Hal ini terkendala pada kemampuan alat angkut yang dimiliki saat ini.

3.15. Penambahan Unit Alat Angkut

Setelah dilakukan peningkatan waktu kerja efektif ternyata target produksi masih belum tercapai yang disebabkan oleh kemampuan alat angkut yang dimiliki saat ini belum mencukupi. Maka dari itu diperlukan upaya penambahan alat angkut, supaya target produksi yang diinginkan dapat terpenuhi. Saat ini unit alat angkut yang tersedia adalah sebanyak 13 unit, sedangkan berdasarkan hasil perhitungan di atas untuk memenuhi target produksi yang telah ditetapkan, harus tersedia 26 unit alat angkut. Maka dari itu perlu dilakukan penambahan alat angkut sebanyak 13 unit.

3.16. Perubahan Kecerassian Alat

Dengan penambahan jumlah alat angkut maka keserasian kerja antara alat muat dengan alat angkut mengalami perubahan. Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat dijelaskan bahwa setelah adanya penambahan 13 unit

DT diperoleh nilai faktor keserasian alat meningkat menjadi 1.03, yang artinya alat muat dan alat angkut dapat bekerja 100%, sehingga tidak terjadi waktu tunggu dari kedua jenis alat tersebut. Berikut hasil rekapitulasi hasil analisa data dapat dilihat pada **tabel 9**.

Tabel 9.Rekapitulasi Hasil Analisa Data

	Kegiatan
1.	Produksi alat mekanis pada aktivitas penambangan <i>soil</i> di lokasi 242 PT. Semen Padang dengan 1 unit <i>Excavator Type Kobelco SK200</i> adalah 1.322,4ton/hari dan 13 unit <i>dumprtruck</i> adalah 1.308,5 ton/hari.
2.	Keserasian alat saat ini adalah 1.3, yang artinya alat muat bekerja kurang dari 100 % sedangkan alat angkut telah bekerja 100 %. Sehingga terdapat waktu tunggu oleh alat muat selama 4.49 menit.
3.	Berdasarkan perhitungandijelaskan bahwa setelah adanya penambahan 13 unit DT diperoleh nilai faktor keserasian alat meningkat menjadi 1.03, yang artinya alat muat dan alat angkut telah bekerja 100%.Produksi alat muat menjadi 3037.34 ton/hari dan alat angkut menjadi 3006,38 ton/hari

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Target produksipenambangansoiluntukmenyuplai bahan *blending clay* sebagaibahanbakupembuatan semen, yang akan digunakan untuk keperluan semua pabrik semen yang ada di PT. Semen Padangadalah 3000 ton/hari.Targetproduksitersebutbelumdapat terpenuhikare namasihadahambatan-hambatan yang terjadi.Diantaranyadisebabkanolehwaktu efektif,effisiensi kerja, waktukerja yangtersediastakemampuanalat mekanis yang masihsedikit.Waktukerja efektifalat mekanissaat iniadalah 11 jam dari totalwaktu yang tersediasebanyak 15 jam, dan effisiensi kerjaalat sebesar 73.3 %.

1. Kebutuhanalat mekanispadaaktivitas penambangans oil di lokasi 242 PT Semen Padang dengan 1 unit *Excavator Type Kobelco SK200* adalah 1.322,4 ton/haridan 13 unit *dumprtruck* adalah 1.308,5 ton/hari.
2. Keserasianalatsaat iniadalah 1.3, yang artinyafaktor kerja alat muat 100% dan faktor kerja alat angkut kurang dari 100% atau kemampuan alat muat lebih besar dari kemampuan alat angkut, akibatnya waktu tunggu alat angkut besardiartikantrukmengantri.
3. Untukmendapatkankeserasianalat MF=1 perlulakukanperbaikankomposisialatsehingga 1 *fleet*membutuhkan 13 Unit *truck Hino 500 FM 260 TI*.

4.2. Saran

1. Perlu dilakukan pengawasan terhadap rencana waktu kerja yang telah ditetapkan. Hal ini bertujuan supaya hambatan-hambatan yang terjadi selambat-bekernya dapat dihindarkan atau dikurangi.
2. Kondisi jalan pada area tambang sangat berpengaruh terhadap kelancaran aktivitas pengangkutan material sehingga perlu untuk terus dilakukan pemeliharaan.
3. Menjaga pemakaian alat dengan baik dan mempersiapkan personil mekanik supaya waktu terbuang akibat kerusakan yang tak terduga dapat dihindari.
4. Perlu adanya penambahan 1 *fleet* lagi untuk mencapai target produksi 3000 ton/hari

Daftar Pustaka

- [1] Data-data, laporan dan arsip perusahaan PT. Semen Padang (Persero) (2017)
- [2] Alifa. *Optimasi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Terhadap Produksi Batubara dengan Metode Kapasitas Produksi dan Metode Antrian Pada PIT Taman Periode Oktober 2016 Unit Pertambangan Tanjung Enim PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.* Universitas Negeri Padang (2018)
- [3] A. Vendhi Prasmoro. *Optimasi Produksi Dumptruck Volvo FM 440 dengan Metode Kapasitas Produksi dan Teori Antrian di Lokasi Pertambangan batubara, Samarinda Kalimantan Timur.* Jurnal Teknik 2.7 Mercu Buana (2014)
- [4] Anaviroh. *Model Antrian Satu Server Dengan Pola Kedatangan Berkelompok (Batch Arrival).* Jurnal Penelitian 4.2 Universitas Jambi (2018)
- [5] A. Dhini. *Perencanaan Penambangan Jangka Menengah Dalam Mencapai Target Produksi 20.000 Ton Batu Andesit Pada Bulan November 2016-Oktober 2017.* Jurnal Penelitian UNP (2017)
- [6] P. Subakti, Anggi. *Optimasi Produksi Pengupasan Overburden PIT Penambangan CV. Bumi Tanah Hitam Jant Operation CV. Tatiti Coal Sawah Lunto Sumatera Barat.* Jurnal Penelitian UNP (2015)
- [7] Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif dan R&D.* Bandung Fetter, C.W. *Applied Hidrogeology* (2018)
- [8] E. Dwi Rahmi. *Kajian Sistem Kerja Alat Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden Dengan Penerapan Metode Antrian Di Pit Taman Tambang Air Laya PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.* Jurnal Penelitian 2.3 Universitas Sriwijaya (2018)
- [9] E. Bascetin. 2009. "Optimization of Shovel-Truck System for Surface Mining." *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy Volume 109* (2015)
- [10] P. sumanto, Partanto. *Pemindahan Tanah Mekanis.* Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung (1996)
- [11] R. Aqsal Saddaq. *Analisis Keserasian Alat Mekanis (Match Factor) Untuk Peningkatan Produktifitas.* Jurnal penelitian 1.2. Yogyakarta: UPN (2016)
- [12] S. Hariz & Sudarmono, Djuki & Syarifudin. *Analisa Kemampuan Kerja Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Overburden 240.000 Bcm/Bulan.* Jurnal Penelitian 16.3. Palembang: UNSRI (2013)
- [13] H. Nurhakim & Riswan & Untung Dwiatmoko, Marselinus. *Evaluasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi.* Jurnal Penelitian 9.2. Universitas Mercu Buana (2017)