

Optimasi Alat Muat dan Alat Angkut Untuk Meningkatkan Produksi *Limestone* Setelah Indarung VI Berproduksi Di PT Semen Padang

Marta Borisman^{1,*}, and Ansosry¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan FT Universitas Negeri Padang

*martaborisman90@gmail.com

**osh5161@ft.unp.ac.id

Abstract. Indarung VI factory began production in April 2017, causing an increase in the need for *limestone*, which was sourced from the *Existing* Area, from 679,140 tons to 826,833 tons. This study aims to find out whether production equipment in the *existing* area are able to meet these increased needs, and determine the optimization that must be done so that the needs are met. The approach taken is to make a simulation that describes the actual conditions (operating patterns, effective hours, productivity of tools) in the field, to be compared with the production target. Optimization is done by analyzing the productivity of production equipment and effective hours, compared with their theoretical productivity. After being simulated, it is known that the production equipment has an actual production capability of 679,140 tons, with a percentage of the production target of 82% *limestone*. This means that production equipment has not met the production target, so production equipment optimization must be done. Optimization carried out: Improved work efficiency Improved work efficiency from 58.97% to 82.65%, and redesigning *matching fleet*. After the optimization above, the *existing* area production equipment has a total *limestone* production of 840,111 tons per month, with a production achievement of 102%.

Keywords: Optimization; Simulation; Effective Hours;Productivity;*matching fleet*

1 Pendahuluan

Pabrik Indarung VI merupakan Pabrik baru PT. Semen Padang di wilayah Sumatera Barat. *Raw Mill* Pabrik Indarung VI merupakan *Raw Mill* dengan kapasitas terbesar di dunia dengan kapasitas 750 tpd dan bisa dioperasikan hingga 1000 tpd. Pabrik Indarung VI memiliki kapasitas produksi 2,4 juta ton klinker (setara dengan 3 juta ton semen).

Pabrik Indarung VI ini mulai berproduksi pada bulan April 2017. Dengan berjalannya Pabrik Indarung VI ini, permintaan bahan baku meningkat, termasuk di dalamnya *Limestone* dari 679.140 ton/bulan menjadi 826.833 ton/bulan yang bersumber dari Tambang Bukit Karang Putih. Untuk mengantisipasi hal tersebut, PT Semen Padang melakukan pembukaan area penambangan baru beserta alat produksinya. Namun, karena area penambangan baru dan fasilitas penunjang yang baru belum dapat berproduksi secara maksimal, maka kebutuhan *limestone* dipasok dari area penambangan

existing menggunakan alat berat dan *crusher existing*. Setelah dilakukan kegiatan *operational*, ternyata area penambangan *existing* tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan Pabrik Indarung VI, Maka perlu dikaji upaya apa saja yang harus dilakukan agar target produksi tersebut terpenuhi.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui upaya yang dilakukan PT. Semen Padang untuk memenuhi target produksi *limestone*, dengan tidak adanya penambahan alat dan fasilitas produksi.
2. Untuk mengevaluasi kemampuan produksi area tambang *existing* jika dibandingkan dengan target produksi yang baru
3. Untuk mengetahui apakah area tambang *existing* mampu memenuhi target produksi yang baru dan upaya apa yang dilakukan untuk memenuhinya.

2 Kajian Pustaka

2.1 Optimasi

Optimasi adalah hasil yang dicapai sesuai dengan keinginan, jadi optimasi merupakan pencapaian hasil sesuai harapan secara efektif dan efisien. Optimasi berasal dari kata optimal yang berarti terbaik atau tertinggi^[1].

Optimasi banyak juga diartikan sebagai ukuran dimana semua kebutuhan dapat dipenuhi dari kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan. Optimasi adalah ukuran yang menyebabkan tercapainya tujuan^[2]. Secara umum optimasi adalah pencarian nilai terbaik dari yang tersedia dari beberapa fungsi yang diberikan pada suatu konteks.

2.2 Simulasi

Simulasi adalah suatu sistem yang digunakan untuk memecahkan atau menguraikan persoalan-persoalan dalam kehidupan nyata yang penuh dengan tidak pastian dengan tidak atau menggunakan model atau metode tertentu dan lebih ditekankan pada pemakaian komputer untuk mendapatkan solusinya^[3].

Simulasi adalah proses membangun suatu model dari sistem nyata dan melakukan eksperimen dengan model tersebut untuk mengetahui perilaku sistem, mengevaluasi berbagai skenario untuk mengoperasikan sistem tersebut, dan membangun sistem baru dengan kinerja yang diinginkan.

2.3 Penjadwalan Tambang (*Mine Scheduling*)

Penjadwalan tambang bertujuan untuk membuat suatu rencana produksi tambang yang akan menghasilkan tonase pada tingkat produksi yang telah ditentukan.

Proses *mine scheduling* yang akan dilakukan adalah secara manual dan *trial & error*. Tahap awal dari *mine scheduling* di sini adalah pembuatan master scheduling atau pit limit yang merupakan development bench yang bentuknya disesuaikan dengan blok-blok, elevasinya disesuaikan dengan perkiraan target elevasi biasanya

2.4 Produktivitas Alat Gali dan Alat Muat

2.4.1 Waktu Edar Alat Muat (*Loading time*) dan Waktu Edar Alat Angkut (*Hauling Time*)

Dalam operasional PT. Semen Padang menggunakan *Front shovel/Back hoe* sebagai alat gali muat dan dump truck sebagai alat angkutnya. Untuk mencapai suatu sistem kerja yang efisien dan mencapai tingkat produksi yang optimal dengan biaya yang ekonomis maka perhitungan waktu edar alat angkut dan waktu muat dari alat gali-muat ini mutlak untuk diketahui.

1. *Cycle time* Alat Gali - Muat (*Loading time*)

Waktu yang dibutuhkan oleh alat gali muat (*excavator*) untuk melakukan penggalian dan memuat material yang digali tersebut ke dalam alat angkut (*dump truck*) sampai *dump truck* tersebut terisi penuh sesuai kapasitasnya.

2. *Cycle time* Alat Angkut

Cycle time (waktu edar truk) adalah waktu yang digunakan truk menyelesaikan satu siklus pengangkutan material yang terdiri dari pemuatan material oleh alat gali-muat dan mengangkutnya (*hauling*) ke *dumping point*, *dumping* material tersebut, hingga kembali ke *loading point* untuk diisi kembali.

2.4.2 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah penilaian terhadap suatu pelaksanaan pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu tersedia yang dinyatakan dalam persen (%).

Waktu kerja efektif yaitu waktu yang digunakan untuk melakukan kegiatan produksi setelah dikurangi waktu hambatan-hambatan yang mempengaruhi kerja pada produksi. Pernyataan tersebut dapat digambarkan dengan persamaan **Error! Reference source not found.**^[4].

$$We = Wt - (Whd + Whtd) \quad (1)$$

We = Waktu kerja efektif, (menit)

Wt = Waktu yang tersedia, (menit)

Whd = Total waktu hambatan yang dapat dihindari, (menit)

Whtd = Total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari, (menit)

Dengan mengetahui waktu kerja efektif, maka dapat diketahui efisiensi kerja alat mekanis dengan persamaan^[4]:

$$Efisiensi = \frac{waktukerjaefektif}{waktukerjatersedia} \times 100\% \quad (2)$$

Efisiensi jam kerja akan berjalan dengan baik apabila waktu kerja efektif mendekati dengan waktu kerja yang tersedia^[4].

2.4.3 Produktivitas alat gali muat

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung produksi pada alat gali muat dan angkut dalam bentuk persamaan (3)^[5]:

$$Q = \frac{q_1 \times K \times 3600 \times E}{CTm} \quad (3)$$

Q = Produktivitas *excavator* per jam (m^3 /jam)

E = Efisiensi kerja (%)

CTm = *CycleTime* / Waktu siklus alat muat (detik)

q₁ = Kapasitas *bucket* (m^3)

K = Faktor *bucket*

2.4.4 Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas alat angkut tiap siklusnya dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan^[5]:

$$C = n \times q_1 \times K \quad (4)$$

C = Produksi *dumptruck* per siklus (m^3)
 n = Banyak curah yang diperlukan *excavator* untuk mengisi *dumptruck* sampai penuh
 q_1 = Kapasitas *bucket* (m^3)
 K = Faktor *bucket*

Produktivitas alat angkut per jam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5) berikut^[5]:

$$P = \frac{C \times 60 \times E}{CTa} \quad (5)$$

P = Produktivitas *dumptruck* per jam (m^3 /jam)
 C = Produksi *dumptruck* per siklus (m^3)
 E = Efisiensi kerja (%)
 CTa = *Cycle time*/waktu siklus alat angkut (menit)

2.4.5 Faktor keserasian (Match factor)

Untuk mengetahui keserasian kerja antara alat gali muat dan alat dapat digunakan “*Match Factor* “ yaitu suatu angka yang menunjukkan seberapa jauh keserasian kerja antara alat gali muat dengan alat angkut dengan persamaan(6)^[5]:

$$MF = \frac{Na \times Ctm}{Nm \times Cta} \quad (6)$$

1. $MF < 1$, berarti faktor kerja alat muat lebih kecil dari 100% dan faktor kerja alat angkut 100% atau produktivitas alat angkut lebih besar daripada kemampuan alat muat sehingga alat muat akan menunggu alat angkutakan terjadi waktu tunggu bagi alat muat,
2. $MF = 1$, berarti faktor kerja alat muat dan alat angkut sama, sehingga tidak ada waktu tunggu lagi bagi kedua alat mekanis tersebut.
3. $MF > 1$ berarti faktor 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 besar

Untuk menentukan jumlah alat seharusnya, agar terjadi keserasian alat tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan^[5]:

$$NA = \frac{MF \times Nm \times Cta}{Ctm} \quad (7)$$

Keterangan:

Na = Jumlah alat angkut
 MF = Faktor keserasian
 Nm = Jumlah alat muat
 Cta = Waktu edar alat angkut
 Ctm = Waktu edar alat gali muat

2.5 Rencana Kebutuhan Alat Tambang Utama

2.5.1 Rencana Kebutuhan Alat Berdasarkan Cycle time

Perhitungan Kebutuhan alat tambang utama berdasarkan *cycle time* dari alat gali-muat dan angkut bisa dihitung

dari rumus keserasian (*match factor*) yang dapat terlihat pada persamaan (8) berikut^[5]:

$$Na = \frac{MF \times Nm \times Cmt}{n \times Cm} \quad (8)$$

Keterangan :

MF = Keserasian alat tambang utama = 1 (Serasi)
 Nm = Jumlah alat muat
 Cmt = *Cycle time* alat angkut
 n = Banyak bucket
 Cm = *Cycle time* alat muat
 Na = Jumlah Alat Angkut

2.5.2 Rencana Kebutuhan Alat Berdasarkan Produktivitas dan Persen Kontribusi

1. Persen Kontribusi

Persen kontribusi dari alat mekanis tersebut dalam pencapaian target produksi. Jika alat yang digunakan dalam pemindahan material menggunakan dua unit *excavator*, maka unit dan tipe mana yang dominan kontribusinya dalam melakukan pemindahan tanah, dari 100% maka dibagi kontribusinya berdasarkan alat yang sering digunakan^[5]

2. Jam Kerja

Jam kerja yang dibutuhkan dalam pemindahan material dari target produksi persatuan waktu dapat ditentukan dalam persamaan (9) berikut^[5]:

$$WH = \frac{K \times TQ}{Q} \quad (9)$$

Keterangan :

WH = Jam Kerja yang dibutuhkan (hours)
 K = Persen Kontribusi (%)
 TQ = Target Produksi (Persatuan waktu)
 Q = Produktivitas Unit (Bcm)

3. Running Equipment

Peralatan yang digunakan dalam memenuhi target produksi yang dapat ditentukan berdasarkan jam kerja. Dengan menggunakan persamaan (10) berikut^[5]:

$$RE = \frac{WH}{AH \times UA} \quad (10)$$

Keterangan :

RE = *Running Equipment*
 WH = Jam Kerja yang dibutuhkan (hours)
 AH = *Available Hours* (hours)
 UA = *Use of Availability* (%)

4. Active Equipment

Rencana kebutuhan peralatan tambang dalam memenuhi target produksi persatuan waktu. Dengan menggunakan persamaan (11) berikut^[5]:

$$Active\ Equipment = \frac{RE}{PA} \quad (11)$$

Keterangan :

RE = *Running Equipment* (unit)
 PA = *Physical Availability* (%)

2.6 Crushing (peremukan)

Setiap proses pengolahan bahan galian baik bijih maupun mineral industri harus melakukan proses penyesuaian ukuran butir. Pengcilan ukuran telah dimulai dari *front* penambangan yaitu dengan cara meledakkan endapan bahan galian dengan bahan peledak, untuk melepas endapan tersebut dari batuan induknya. Selanjutnya ukuran endapan hasil peledakan tersebut diperkecil lagi secara progresif dengan peremukan (*crushing*). Peremukan batu pada prinsipnya bertujuan mereduksi material untuk memperoleh ukuran butir tertentu melalui alat peremuk dan pengayakan. Dalam memperkecil ukuran pada umumnya dilakukan dengan 3 tahap, yaitu : *primary crushing, secondary crushing, fine crushing*^[6].

Dalam prosesnya, peremukan *limestone* di PT Semen Padang tergolong pada tahap kedua yaitu *secondary crushing*. Alat peremuk yang digunakan adalah *hammer crusher* yang biasa disebut dengan *Lime Stone Crusher* (LSC) yang berjumlah tiga unit yaitu LSC2, LSC3A dan LSC3B.

2.7 Conveying

Conveyor adalah salah satu jenis alat pengangkut yang berfungsi untuk mengangkut bahan-bahan industri yang berbentuk padat^[7].

Belt Conveyor pada dasarnya merupakan peralatan yang cukup sederhana. Alat tersebut terdiri dari sabuk yang tahan terhadap pengangkutan benda padat. Sabuk yang digunakan pada *Belt Conveyor* ini dapat dibuat dari berbagai jenis bahan misalnya dari karet, plastik, kulit ataupun logam yang tergantung dari jenis dan sifat bahan yang akan diangkut. Untuk mengangkut bahan -bahan yang panas, sabuk yang digunakan terbuat dari logam yang tahan terhadap panas.

Belt Conveyor

digunakan untuk menghantarkan material angkut. Material angkut dikirimkan bersama dengan material lain yang tercampur selama proses pengiriman. Material angkut memiliki karakteristik yang berbeda, sebagian diantaranya berbentuk halus dan sebagian lainnya berbentuk kasar, dan lain-lainnya. Bentuk luar dari material tersebut memiliki pengaruh yang besar dalam mendesain *conveyor*.

Rumus kapasitas conveyor terdapat pada persamaan (12) dan (13) berikut^[8]:

$$Q = A \cdot v \cdot \gamma \cdot 60 \text{ (horizontal)} \quad (12)$$

$$Q = k \cdot A \cdot v \cdot \gamma \cdot 60 \text{ (inklinasi)} \quad (13)$$

Keterangan :

A : *Total cross-sectional area* yang terbentuk pada belt akibat penopangan idler dan angle of surcharge (m)

V : Kecepatan belt (m/min)

γ : Densitas material (t/m³)

k : Faktor pengurangan inklinasi

Q : Kapasitas angkut (tph)

2.8 Software Analisa Produktivitas dan Biaya Alat Berat

2.8.1 Pengertian TALPAC

TALPAC merupakan program yang menggunakan database di mana di dalamnya terdapat data tentang unjuk kerja (*performance*) dari alat angkut yang digunakan, profil pengangkutan, analisis produksi, analisis pengangkutan, tenaga penggerak, *pay load* dan sebagainya. Hasil dari simulasi tersebut memberikan informasi tentang waktu tempuh, jarak tempuh, konsumsi bahan bakar dan informasi tentang biaya^[9].

2.8.2 Fungsi TALPAC

Berikut ini adalah beberapa bentuk penerapan *TALPAC*^[9]:

1. Untuk menghitung waktu tempuh alat angkut pada suatu simulasi profil pengangkutan.
2. Memperkirakan kemampuan produksi untuk study perencanaan jangka pendek dan jangka panjang.
3. Memperkirakan dan membandingkan produksi dengan menggunakan beberapa metode pemuatan untuk menentukan teknik pemuatan yang optimal.
 - Memperkirakan biaya pada suatu perencanaan profil pengangkutan.
 - Memperkirakan penggunaan bahan bakar (fuel usage).

Dari kelima fungsi *TALPAC* tersebut yang diterapkan pada penelitian ini yaitu hanya nomor 1,2 dan 3 sedangkan nomor 4 dan 5 tidak diteliti.

2.8.3 Sistem Pengangkutan TALPAC

Sistem pengangkutan didalam program *TALPAC* merupakan system yang terdiri dari beberapa komponen yang menyusunnya^[9]:

- Jenis material (*materialtypes*)
- Gilir kerja (*work roster*)
- Data alat muat (*loading unit*)
- Data alat angkut (*hauling unit*)
- Siklus pengangkutan (*hauling cycle*)

3 Metode Penelitian

3.1 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metodologi penelitian deskriptif. Metode deskriptif adalah metode yang membicarakan beberapa kemungkinan untuk memecahkan masalah secara aktual dengan jalan mengumpulkan data, menyusun atau mengklasifikasikannya, menganalisis, dan menginterpretasikannya^[10].

3.2 Desain Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Adapun urutan pengerjaan penelitian sebagai

berikut: Studi literature, Penelitian langsung di lapangan, Pengambilan Data, Pengolahan Data, Analisis Pengolahan Data, Kesimpulan dan Saran

3.3 Pengambilan Data

3.3.1 Data Primer

Data primer yaitu data yang dikumpulkan dengan melakukan pengamatan, dan pengukuran langsung di lapangan. Data yang diambil antara lain:

1. *Cycletime* alat muat dan alat angkut
2. Data Jarak Jalan Angkut ke Tiap Front
3. Data Produktivitas Belt conveyor

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang dikumpulkan berdasarkan literatur dari berbagai referensi seperti :

1. RKAP.
2. Data Produksi
3. Data Operasional.
4. Data Spesifikasi Alat
5. Peta Topografi

3.4 Teknik Analisis Data

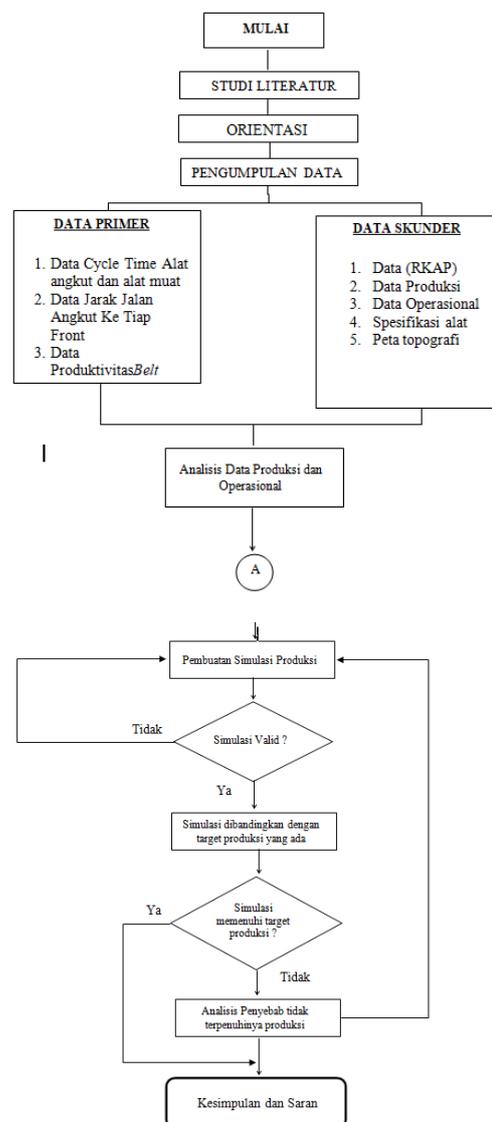
Teknik analisis data adalah teknik yang dibutuhkan untuk mengolah data yang telah dikumpulkan untuk kebutuhan penelitian agar mendapatkan suatu kesimpulan^[1]. Teknik analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan data dimulai dengan menghitung produktivitas alat muat dan alat angkut, untuk dibandingkan dengan produktivitas terpasang tiap *crushernya*.
2. Mengolah data operasional, yang output-nya berupa:
 - a) Rata-rata produktivitas masing-masing *crusher* untuk setiap jalur *RBC* yang digunakan, juga dibagi dalam tiap *shift*nya.
 - b) Rata-rata jam kerja efektif aktual *shift*nya.
3. Membuat simulasi produksi berdasarkan target produksi dengan menggunakan data produktivitas dan jam kerja efektif aktual yang telah diolah sebelumnya.
4. Apabila simulasi produksi tidak memenuhi target produksi, maka dibuat simulasi produksi yang baru, dengan mengubah salah satu variabel, dalam hal ini, jam kerja efektif per *shift*nya
 - a) Analisis data operasional
Bertujuan untuk mendapatkan hambatan-hambatan yang ada beserta rata-rata durasinya.
 - b) Membuat jam kerja rencana
Rencana jam kerja efektif dibuat berdasarkan data hasil analisis laporan kondisi perlatan tahun

2015. Perancangan jam kerja efektif dilakukan dengan mengurangi atau menghilangkan durasi hambatan yang ada, sehingga pada akhirnya jam efektif meningkat.

- c) Membuat simulasi produksi berdasarkan jam kerja rencana
Pembuatan simulasi produksi dengan jam efektif rancangan, dengan tetap berdasarkan tren produktivitas yang digunakan sebelumnya. Jika target produksi terpenuhi, berarti simulasi produksi dinilai layak untuk diterapkan.

3.5 Diagram Alir Penelitian



4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Kondisi Aktual

4.1.1 Efisiensi Kerja Aktual

1. Shift 1

Berdasarkan data operasional, dapat diketahui hambatan yang terjadi beserta durasinya pada **Error! Reference source not found.** Dengan durasi jam efektif untuk *shift 1* adalah 3 jam 40 menit atau 3,67 jam, maka efisiensi kerja aktual untuk *shift 1* dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Ek = \frac{3,67 \text{ jam}}{8 \text{ jam}} \times 100\% = 45,87 \%$$

Tabel 1. Hambatan dan durasi kerja pada *shift 1*

No.	Jenis Hambatan	Durasi	
		Jam.Menit	Jam
1	<i>Isoma</i>	01.35	1,59
2	Pengosongan Jalur	00.43	0,73
3	Persiapan Jalur	00.47	0,79
4	Pindah Pengisian	00.24	0,40
5	Tunggu Truk	00.49	0,82
Total		04.19	4,33

2. Shift 2

Berdasarkan data operasional, dapat diketahui hambatan yang terjadi beserta durasinya pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Hambatan dan durasi kerja pada *shift 2*

No.	Jenis Hambatan	Durasi	
		Jam.Menit	Jam
1	Ishoma	01.20	1,33
2	Pengosongan Jalur	00.42	0,71
3	Persiapan Jalur	00.23	0,40
4	Pindah Pengisian	00.39	0,65
5	Tunggu Truk	00.26	0,43
Total		03.31	3,53

Dengan durasi jam efektif untuk *shift 2* adalah 3 jam 31 menit atau 3.53 jam, maka jam kerja efektif menjadi 3 jam 28 menit atau 3.47 jam dan efisiensi kerja aktual untuk *shift 2* dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Ek = \frac{3,47 \text{ jam}}{7 \text{ jam}} \times 100\% = 49,58 \%$$

3. Shift 3

Berdasarkan data operasional, dapat diketahui hambatan yang terjadi beserta durasinya pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Hambatan dan durasi kerja pada *shift 3*

No.	Jenis Hambatan	Durasi	
		Jam.Menit	Jam
1	Pengosongan Jalur	00.33	0,55
2	Persiapan Jalur	00.21	0,35
3	Pindah Pengisian	00.26	0,44
4	Tunggu Truk	00.19	0,33
Total		01.40	1,67

Dengan durasi hambatan diatas, didapat jam efektif untuk *shift 3* adalah 7 jam 19 menit atau 7,33 jam, maka efisiensi kerja aktual untuk *shift 3* dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Ek = \frac{7,33 \text{ jam}}{9 \text{ jam}} \times 100\% = 81,47\%$$

Rata-rata efisiensi kerja aktual secara keseluruhan adalah 58.97 %, seperti yang dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 4. Rekapitulasi efisiensi kerja aktual

<i>Shift</i>	Scheduled (jam)	Jam Efektif	Efisiensi Kerja Aktual
1	8	3,67	45,87%
2	7	3,47	49,58%
3	9	7,33	81,47%
Total	24	16,78	58,97%

4.1.2 Jadwal Produksi Aktual

Jadwal produksi terdiri dari jadwal penggunaan *crusher* dan jalur belt conveyor. Untuk area *existing*, terdapat tiga *limestone crusher* (LSC), yaitu LSC2, LSC3A, dan LSC 3B, sedangkan untuk area baru terdapat satu unit *crusher*, yaitu LSC6. Pada area *existing* terdapat dua jalur beltconveyor, yaitu A1J12B (12B) dan A4J12P (12P) dan pada area baru terdapat satu jalur *Belt Conveyor* yaitu J07. Pola produksi ini disusun berdasarkan pola maintenance alat, agar setiap alat memiliki jadwal perawatan rutin. Pola produksi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5:

Tabel 5. Pola produksi aktual

HARI	SHIFT	CRUSHER		BELT CONVEYOR	
		Line 1	Line 2	Line 1	Line 2
1	1	LSC-6	MS-2	J07	12B
	2	LSC-6	MS-2	J07	12B
	3	LSC-2	LSC-3A	12P	12B
2	1	MS-2	LSC-3B	12P	12B
	2	MS-2	LSC-3B	12P	12B
	3	LSC-2	LSC-3B	12P	12B
3	1	MS-2	LSC-6	12P	J07
	2	LSC-2	LSC-6	12P	J07
	3	LSC-2	LSC-3A	12P	12B
4	1	MS-2	LSC-6	12B	J07
	2	MS-2	LSC-6	12B	J07
	3	LSC-2	LSC-3A	12B	12P
5	1	MS-2	LSC-3B	12B	J07
	2	MS-2	LSC-3B	12B	J07
	3	LSC-2	LSC-3B	12P	12B
6	1	MS-2	LSC-6	12P	J07
	2	LSC-2	LSC-6	12P	J07
	3	LSC-2	LSC-3A	12B	12P

4.1.3 Produktivitas Aktual Jalur Pengiriman

Produktivitas aktual *crusher* diperlukan dalam pembuatan model simulasi alat produksi nantinya, agar simulasi yang dibuat mendekati kondisi aktual di lapangan. Selain itu juga berguna untuk optimasi produksi, dengan membandingkan produktivitas aktual dengan rencana.

Dalam data produksi terdapat informasi berupa: *crusher*; total produksi tiap *shift*; dan jam efektif saat produksi tersebut berlangsung. Dari data-data tersebut kita dapat menganalisis produktivitas aktual tiap jalur pengiriman yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Produktivitas Aktual Tiap Jalur Pengiriman (ton/jam).

Produktivitas <i>Crusher</i>	Jalur Belt	
	A1J12B	A4J12P
LSC-2	1308,41	1233,31
LSC-3A	1088,93	953,22
LSC-3B	1460,68	1256,91

4.1.4 Simulasi 1 (Aktual)

Simulasi 1 menggambarkan kondisi aktual di lapangan sebelum dilakukan *commissioning*.

- Input yang digunakan adalah pola produksi aktual (Tabel 5).
- Model simulasi dibuat dengan berdasarkan:
 - Produktivitas Aktual *Crusher-Belt Conveyor* yang dapat dilihat pada Tabel 6.
 - Jam efektif dan efisiensi kerja aktual seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4, sehingga masih menggunakan kombinasi alat angkut dan alat muat aktual.

3. Output

- Jadwal Pemeliharaan Alat
- Pencapaian Target Produksi

Setelah dilakukan simulasi untuk durasi satu bulan produksi, diperkirakan total produksi *limestone* adalah 679.140 ton, dengan persentase pencapaian target produksi 82%. Hal ini berarti dengan kondisi aktual yang ada, alat produksi belum mampu untuk memenuhi target produksi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pencapaian Target Produksi untuk Simulasi

Jenis Material	<i>Limestone</i>
Target Produksi	826.833 ton
Total Produksi	679.140 ton
Selisih	(147.693) ton
Pencapaian Produksi	82%

4.2 Optimasi Efisiensi Kerja

4.2.1 Optimasi Efisiensi Kerja

Perbaikan Efisiensi kerja merupakan salah satu upaya Optimasi yang dilakukan dalam rangka untuk mencapai target produksi, seperti penelitian yang dilakukan oleh MeysikoNobyl di PT Semen Padang pada tahun 2015, dimana dengan meningkatkan efisiensi kerja, produksi LSC3A dan LSC 3B meningkat dari 388,005 ton/ bulan menjadi 417,262 ton/bulan

Secara sederhana, efisiensi kerja dapat ditingkatkan dengan meningkatkan durasi jam efektif semaksimal mungkin dengan pertimbangan kondisi aktual di lapangan. Untuk meningkatkan jam kerja efektif, maka durasi tiap hambatan harus dikurangi dengan mempertimbangkan kondisi nyata di lapangan. Apakah pengurangan durasi hambatan tersebut memungkinkan untuk diimplementasikan. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, berikut adalah hambatan-hambatan di lapangan yang memungkinkan untuk dikurangi durasinya:

1. Persiapan Jalur/ Mengosongkan Jalur

Pembersihan jalur dari aktivitas produksi sebelumnya, pengecekan kondisi beltconveyor, pengisian bahan bakar alat berat. Berdasarkan pengamatan di lapangan, durasi yang dibutuhkan +15 menit tiap line produksi.

2. *Ishoma*

Terdiri dari kegiatan istirahat, shalat zuhur, dan makan. Lamanya durasi isoma ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya: seringnya operator memulai isoma lebih cepat dari jadwal yang ditentukan (12:00 WIB) dan telat memulai kembali kegiatan produksi dari yang dijadwalkan (13:00 WIB). Seharusnya kegiatan ini dapat dilakukan dalam waktu satu jam.

3. Pindah jalur/pengisian

Pindah jalur pengiriman dilakukan dengan menggerakkan carry belt conveyor, dapat dilakukan dalam waktu 10 menit. Petugas yang bertanggung jawab menggerakkan carry belt conveyor, harus selalu -standby pada pos yang ada di setiap lokasi carry belt conveyor. Sehingga tidak membutuhkan waktu untuk mobilisasi menuju lokasi carry lagi.

4. Tunggu Truk

Seharusnya tidak terjadi dalam aktivitas produksi, namun untuk simulasi ini belum dilakukan upaya perbaikan durasi tunggu truk.

Berikut adalah data perbandingan hambatan sebelum (aktual) dan setelah perbaikan tiap *shift*-nya beserta upaya perbaikannya.

Berikut adalah rekapitulasi durasi jam efektif dan efisiensi kerja sebelum dan setelah dilakukan perbaikan durasi hambatan kerja:

Tabel 8. Rekapitulasi durasi jam efektif dan efisiensi kerja setelah perbaikan jam efektif

Shift	Scheduled (jam)	Jam Efektif	Efisiensi Kerja Aktual	Perbaikan Jam Efektif	Efisiensi Kerja
1	8	3,67	45,87%	5,52	68,96%
2	7	3,47	49,58%	4,90	70,00%
3	9	7,33	81,47%	8,01	88,96%
Total	24	16,78	58,97%	20,67	75,97%

Setelah dilakukan perbaikan jam kerja efektif, maka efisiensi kerja meningkat dari 58,97% menjadi 75,97%. Peningkatan efisiensi kerja ini nantinya akan meningkatkan produktivitas alat produksi, dalam upaya untuk mencapai target produksi.

Durasi jam efektif tiap *shift* diatas akan digunakan dalam membuat model simulasi penjadwalan alat produksi, untuk melihat apakah dengan perbaikan ini target produksi terpenuhi. Jika tidak terpenuhi maka dilakukan upaya optimasi yang lain.

4.2.2 Simulasi 2

Karena tidak tercapainya target produksi dengan simulasi kondisi aktual, maka dilakukan optimasi terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas. Pada simulasi 2, optimasi dilakukan dengan cara perbaikan jam kerja efektif dan efisiensi kerja. Untuk produktivitas alat produksi tetap menggunakan angka produktivitas aktual.

1. Input

Input yang digunakan sama dengan simulasi sebelumnya, yaitu pola produksi aktual, seperti yang dapat dilihat padaTabel 5.

2. Model

Model simulasi dibuat dengan berdasarkan:

- a. Produktivitas Aktual *Crusher-Belt Conveyor* yang dapat dilihat padaTabel 6.
- b. Jam efektif dan efisiensi kerja setelah dilakukan pengurangan durasi hambatan kerja, seperti yang dapat dilihat padaTabel 8.

3. Output

- a. Jadwal Pemeliharaan Alat
 Karena masih menggunakan pola produksi yang sama dengan Simulasi 1, maka Simulasi 2 akan memiliki jadwal pemeliharaan alat yang sama dengan yang ada pada Simulasi 1.
- b. Pencapaian Target Produksi
 Setelah dilakukan simulasi untuk durasi satu bulan produksi, diperkirakan total produksi *limestone* adalah 792.990ton, dengan persentase pencapaian target produksi 96%. Jika dibandingkan dengan Simulasi 1, pencapaian produksi sudah meningkat, tetapi belum mampu untuk mampu untuk memenuhi target produksi. Oleh karena itu, harus dilakukan optimasi lainnya pada Simulasi 3. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pencapaian Target Produksi untuk Simulasi 2

Jenis Material	<i>Limestone</i>
Target Produksi	826.833 ton
Total Produksi	792.990 ton
Selisih	(33.843) ton
Pencapaian Produksi	96%

4.3 Optimasi Produktivitas dan *Matching Fleet* Alat Muat dan Alat Angkut

Agar tidak menunggu truk, maka perlu dilakukan optimasi terhadap *fleet* alat muat dan alat angkut yang bekerja, dimana produktivitas $\neg fleet \geq$ produktivitas *crusher*. Optimasi dilakukan dengan bantuan software analisis produktivitas alat angkut dan alat muat, akan dibahas pada bagian yang berbeda.Oleh karena itu durasi setelah perbaikan menjadi 0 menit.

Berdasarkan penelitian yang saya lakukan, dalam penelitian ini juga digunakan software *TALPAC* untuk optimasi, dengan menyusun tabel *matching fleet* untuk setiap opsi rute angkut yang ada. Sesuai dengan penjelasan pada Bab II, *software* ini dapat menganalisis kebutuhan dan produktivitas dengan input data di lapangan.

4.3.1 Produktivitas Aktual Alat Muat dan Alat Angkut

Pemuatan dilakukan oleh excavator Hitachi EX2500-6 atau Hitachi EX3500-3 ke atas dumptruck Komatsu HD785-7 yang berkapasitas 90 ton. Material kemudian diangkut menuju salah satu dari tiga *crusher* yang ada.

1. Produktivitas Alat Gali Muat

Alat muat yang digunakan untuk gali-muat *limestone* (density=1,65 ton/m3) adalah satu unit

excavator Hitachi EX-2500-6 dengan ukuran bucket (q1) 15 m3 dan cycle time 30 detik. Karena kondisi material yang digali merupakan hasil peledakan dan berukuran besar(dapat dilihat pada Gambar 1), fill factor (K) yang digunakan adalah 0,8.



Gambar 1. Kondisi pengisian bucket EX-2500-6

Produktivitas aktual alat muat limestone dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{q_1 \times K \times 3600 \times E}{CTm} = \frac{15 \times 0,8 \times 3600 \times 69,9\%}{30 \text{ detik}} = 1007 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 1007 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,65 \text{ ton}/\text{m}^3$$

$$= 1661,55 \text{ ton}/\text{jam}$$

2. Produktivitas alat angkut

Alat angkut yang digunakan adalah 4 unit dumtruck Komatsu HD785-7, kapasitas 90 ton, dengan cycle time (CTm) rata-rata 10 menit (Lampiran 12), diisi dengan muatan (n) 4 bucket excavator Hitachi EX-2500-6. Dengan efisiensi kerja aktual 69,9 %, maka produktivitasnya dihitung sebagai berikut:

$$C = n \times q_1 \times K$$

$$C = 4 \times 15 \text{ m}^3 \times 0,8$$

$$C = 48 \text{ m}^3$$

$$P = \frac{C \times 60 \times E \times M}{CTa}$$

$$P = \frac{48 \times 60 \times 69,90\% \times 4}{10}$$

$$P = 805,6 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} = 1329,24 \text{ ton} / \text{jam}$$

4.3.2 Optimasi Produktivitas Fleet (Alat Angkut dan Alat Muat)

Dalam hal ini data yang penulis gunakan adalah berupa data rute pengangkutan (hauling route) dari tiap loading point (front) ke tiap dumping point (rusher).

Untuk limestone ada empat loading point yang aktif dan dua dumping point (LSC3A dan LSC 3B dianggap satu dumping point, karena letaknya bersebelahan). Jadi total ada delapan (4x2) permutasi rute pengangkutan limestone. Data koordinat dari tiap jalur pengangkutan diinput-kan ke dalam software beserta data fixed time (Loading time, maneuver time dan dumping time) yang didapat dari lapangan, maka didapatkan jumlah kebutuhan dumtruck tiap jalur pengangkutan (matching fleet) pada Tabel 9.

Tabel 9. Rencana matching fleet Area Existing PT Semen Padang

Haulage System	(Jumlah Truk) & Produktivitas Fleet			
	Jumlah Truk Ideal -3	Jumlah Truk Ideal -2	Jumlah Truk Ideal-1	(Jumlah Truk Ideal) Produktivitas Fleet
LSC2-Front I			(1) 710,1	(2) 1407,1
LSC2-Front II		(1) 606,8	(2) 1202,7	(3) 1698,2
LSC2-Front VI		(1) 500,2	(2) 989,4	(3) 1454,0
LSC2-Front VII		(1) 601,4	(2) 1191,4	(3) 1693,0
LSC3-Front I		(1) 547,1	(2) 1082,9	(3) 1583,1
LSC3-Front II	(1) 437,2	(2) 865,0	(3) 1276,7	(4) 1628,5
LSC3-Front VI	(1) 415,6	(2) 821,9	(3) 1212,3	(4) 1565,9
LSC3-Front VII		(1) 507,3	(2) 1004,1	(3) 1474,0

Keterangan:

Contoh: Jumlah Truk Ideal untuk mengangkut material limestone terdapat pada baris pertama kolom 6, yang menyatakan bahwa jumlah truk idealnya adalah 2 unit dengan produktivitas fleet-nya 1407,1 ton/jam.

4.3.3 Efisiensi Kerja setelah Optimasi

Tabel 10. Durasi hambatan riil dan rencana untuk Shift 1

Jenis Hambatan	Durasi		Durasi	
	Jam. Menit	Jam	Jam. Menit	Jam
Isoma	01.35	1,59	01.00	1,00
Pengosongan Jalur	00.43	0,73	00.15	0,25
Persiapan Jalur	00.47	0,79	00.15	0,25
Pindah Pengisian	00.24	0,40	00.10	0,17
Tunggu Truk	00.49	0,82	00.00	0,00
Total	04.19	4,33	01.40	1,67

Setelah dilakukan pengurangan durasi hambatan, didapatkan durasi jam efektif untuk shift 1:

$$\text{Jam Efektif shift 1} = 8 \text{ jam} - 1,67 \text{ jam} = 6,33 \text{ jam}$$

Efisiensi kerja shift 1 setelah perbaikan dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut:

$$Ek = \frac{6,33 \text{ jam}}{8 \text{ jam}} \times 100\% = 79,17\%$$

Tabel 11. Durasi hambatan riil dan rencana untuk shift 2

Jenis Hambatan	Durasi		Durasi	
	Jam. Menit	Jam	Jam. Menit	Jam
Ishoma	01.20	1,33	01.00	1,00
Pengosongan Jalur	00.42	0,71	00.15	0,25
Persiapan Jalur	00.23	0,40	00.15	0,25
Pindah Pengisian	00.39	0,65	00.10	0,17
Tunggu Truk	00.26	0,43	00.00	0,00
Total	03.31	3,53	01.40	1,67

Setelah dilakukan pengurangan durasi hambatan, didapatkan durasi jam efektif untuk *shift*2:

Jam Efektif *shift* 2 = 7 jam – 1,67 jam = 5,33 jam

Efisiensi kerja *shift* 2 setelah perbaikan dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut:

$$Ek = \frac{5,33 \text{ jam}}{7 \text{ jam}} \times 100\% = 76,19\%$$

Setelah dilakukan pengurangan durasi hambatan, didapatkan durasi jam efektif untuk *shift*3:

Jam Efektif *shift* 3 = 9 jam – 0,67 jam = 8,33 jam

Efisiensi kerja *shift* 2 setelah perbaikan dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut:

$$Ek = \frac{8,33 \text{ jam}}{9 \text{ jam}} \times 100\% = 92,59\%$$

Tabel 12. Durasi Hambatan Riil dan Rencana *Shift* 3

Jenis Hambatan	Durasi		Durasi	
	Jam.Menit	Jam	Jam.Menit	Jam
Pengosongan Jalur	00.33	0,55	00.15	0,25
Persiapan Jalur	00.21	0,35	00.15	0,25
Pindah Pengisian	00.26	0,44	00.10	0,17
Tunggu Truk	00.19	0,33	00.00	0,00
Total	01.40	1,67	00.40	0,67

Berikut adalah rekapitulasi durasi jam efektif dan efisiensi kerja sebelum dan setelah dilakukan perbaikan durasi hambatan kerja:

Tabel 13. Rekapitulasi durasi jam efektif dan efisiensi kerja setelah perbaikan jam efektif

<i>Shift</i>	Scheduled (jam)	Jam Efektif	Efisiensi Kerja Aktual	Perbaikan Jam Efektif	Efisiensi Kerja
1	8	3,67	45,87%	6,33	79,17%
2	7	3,47	49,58%	5,33	76,19%
3	9	7,33	81,47%	8,33	92,59%
Total	24	16,78	58,97%	20,67	82,65%

Setelah dilakukan perbaikan jam kerja efektif, maka efisiensi kerja meningkat dari 58,97% menjadi 82,65%. Peningkatan efisiensi kerja ini nantinya akan meningkatkan produktivitas alat produksi, dalam upaya untuk mencapai target produksi.

Durasi jam efektif tiap *shift* diatas akan digunakan dalam membuat model simulasi penjadwalan alat produksi, untuk melihat apakah dengan perbaikan ini target produksi terpenuhi. Jika tidak terpenuhi maka dilakukan upaya optimasi yang lain.

4.3.4 Simulasi 3

Karena hasil simulasi 2 belum memenuhi target produksi, maka optimasi juga dilakukan pada *matching fleet* dan produktivitas alat muat dan alat angkut.

1. Input

Input yang digunakan sama dengan simulasi sebelumnya, yaitu pola produksi aktual, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 10.

2. Model

Model simulasi dibuat dengan berdasarkan:

- Produktivitas Aktual *Crusher-Belt Conveyor* yang dapat dilihat pada Tabel 6.
- Jam efektif dan efisiensi kerja setelah dilakukan pengurangan durasi hambatan kerja setelah optimasi *matching fleet* dan produktivitas dumptruck, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 13. Oleh karena itu, untuk alat muat dan alat angkut akan menggunakan *matching fleet* baru hasil optimasi (Tabel 9).

3. Output

a. Jadwal Pemeliharaan Alat

Karena masih menggunakan pola produksi yang sama dengan Simulasi sebelumnya, maka Simulasi 3 akan memiliki jadwal pemeliharaan alat yang sama dengan Simulasi sebelumnya.

b. Pencapaian Target Produksi

Setelah dilakukan simulasi untuk durasi satu bulan produksi, diperkirakan total produksi *limestone* adalah 840.111 ton, dengan persentase pencapaian target produksi 102%.. Jika dibandingkan dengan simulasi sebelumnya, target produksi sudah tercapai. Dengan tercapainya target produksi, maka optimasi ini dapat diterapkan.

Tabel 14. Pencapaian Target Produksi untuk Simulasi 3

Jenis Material	<i>Limestone</i>
Target Produksi	826.833 ton
Total Produksi	840.111 ton
Selisih	13.278 ton
Pencapaian Produksi	102%

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- Upaya PT Semen Padang untuk memenuhi target produksi *limestone*, dengan tidak adanya penambahan alat dan fasilitas produksi adalah dengan melakukan optimasi terhadap alat produksi yang berada di area eksisting
- Kemampuan produksi area tambang *existing* adalah sebesar 679.140 ton per bulan, dari target produksi 826.833 ton per bulan dengan pencapaian produksi 83 % dari target produksi.
- Optimasi yang dilakukan untuk pemenuhan target produksi antara lain:

- a. Perbaikan efisiensi kerja dari 58,97% menjadi 82,65%
 - b. Perancangan ulang *matching fleet* menggunakan bantuan software analisis produktivitas alat muat dan alat angkut
4. Setelah dilakukan beberapa kali simulasi dengan menerapkan optimasi diatas, alat produksi area *existing* memiliki total produksi *limestone* sebanyak 840.111 ton per bulan , dengan pencapaian produksi 102%.

5.2 Saran

1. Jumlah *fleet* tiap *shift*-nya harus berpedoman kepada Tabel *matching fleet* yang telah disusun (Tabel 9), agar tidak ada waktu tunggu truk, dan dapat memaksimalkan produktivitas *crusher* dan belt conveyor
2. Perawatan terhadap alat produksi harus dilakukan dengan lebih cepat dan tepat, karena waktu operasi alat yang lebih tinggi dan waktu pemeliharaan yang telah dikurangi dari sebelumnya Kedisiplinan pekerja harus ditingkatkan, agar optimasi jam efektif tercapai.

Daftar Pustaka

- [1] Santoso, B. (2016). OPTIMALISASI PENERANGAN DAN PENYIRAMAN TANAMAN PADA TAMAN KOTA BERBASIS PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) (Doctoral dissertation, Untag Surabaya).
- [2] Muharani, Z. (2014). OPTIMALISASI PERANAN BADAN PEMBINAAN KEAGAMAAN (BPK) SEBAGAI BADAN PEMBINAAN KEAGAMAAN FAKULTAS EKONOMI DAN ILMU SOSIAL (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Riau Sultan Syarif Kasim Riau).
- [3] Noviyasari, C. (2013). Simulasi Sistem Perencanaan Dan Pengendalian Produksi Pada Perusahaan Manufaktur. JAMIKA-Jurnal Manajemen Informatika UNIKOM, 2.
- [4] Hidayat, W., Abdullah, R., & Murad, M. S. (2018). Evaluasi Waktu Kerja Efektif Alat Gali Muat dalam Rangka Meningkatkan Pendapatan dari Harga Penjualan Batubara pada PT. Britmindo site Bukuan, Kecamatan Palaran, Kota Samarinda, Kalimantan Timur. Bina Tambang, 3(1), 457-469.
- [5] Rochmanhadi, I. (1992). Kapasitas dan produksi alat-alat berat. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. YBPPU. Jakarta.
- [6] Nobyl, M. M., Widayati, S., & Usman, D. N. (2016). Optimalisasi Penggunaan *Limestone Crusher* sebagai Alat Peremuk Batu Gamping di PT. Semen Padang Kecamatan Lubuk Kilangan Kotamadya Padang Provinsi Sumatera Barat.
- [7] Yulia, F. E., Kopa, R., & Anaperta, Y. M. (2018). Evaluasi Kinerja Crushing Plant Dan *Belt Conveyor* Dalam Pengolahan Dan Pengiriman *Limestone* Ke Storage Indarung di PT. Semen Padang. Bina Tambang, 3(2), 736-743.
- [8] Irvan, M., Murad, M., & Anaperta, Y. M. (2018). Simulasi Alat Produksi *Limestone* dan Silicastone Untuk Memenuhi Kebutuhan Pabrik Semen *Existing* dan Commissioning Pabrik Semen Indarung VI pada Semester II Tahun 2017 Di PT Semen Padang. Bina Tambang, 3(4), 1434-1444.
- [9] Santoso, E. (2017). Optimalisasi Kebutuhan Alat Angkut pada Tambang Terbuka Menggunakan Simulasi Program TALPAC. Jurnal GEOSAPTA, 2(2).
- [10] Surakhmad, W. (1990). Pengantar penelitian ilmiah: dasar, metode dan teknik. Tarsito
- [11] Musianto, L. S. (2004). Perbedaan pendekatan kuantitatif dengan pendekatan kualitatif dalam metode penelitian. Jurnal Manajemen dan kewirausahaan, 4(2), 123-1.

