

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

Muhamad Irvan^{1,*}, Murad MS^{1,**}, and Yoszi Mingsi Anaperta^{1,***}

¹Jurusan Teknik Pertambangan FT Universitas Negeri Padang

*muhamadirvan@live.com

**muradms@ft.unp.ac.id

***yoszimingsianaperta@yahoo.co.id

Abstract. PT Semen Padang plans to commission their new cement factory, Indarung VI, which increases monthly demands for limestone and silica stone (supplied by existing Mine Area of Bukit Karang Putih) to 1.117.781 tones and 156.773 tones. This research is purposed to get the capability of production equipment (loaders, trucks, crushers, belt conveyors) in existing area to match production targets and to determine what kind of optimization is needed to make the equipment capable to fulfil the target. We approach this research by using a simulation that build based on actual conditions (operation pattern, effective working hours, and productivity), then comparing the result to the production targets. Optimizations are determined by analyzing effective hours and productivity of each equipment, then compare them to the theoretical ones. From the simulation, equipment in existing area has actual production of 674.503 tones limestone, and 81.960 ton silicastone, only 60% and 52% of the production targets. Therefore, optimization needs to be done. Optimization is doing by: improving the work efficiency from 69,90% to 86,11%; recalculate matching fleet; and adding two extra shifts per day. After implementing optimization into simulation, equipment in existing area finally, match production target, by producing 1.133.487 tones limestone and 162.471 tones silica stone.

Keywords: Commissioning; Simulation; Optimization; Effective Hours; Productivity

1 Pendahuluan

PT Semen Padang berencana melakukan *commisioning* pabrik barunya, Indarung VI, menyebabkan permintaan bahan baku meningkat, termasuk di dalamnya *limestone* dan *silicastone* yang bersumber dari Tambang Bukit Karang Putih.

Untuk mengimbangi hal tersebut, maka PT Semen Padang melakukan penambahan area penambangan beserta penambahan alat produksinya (alat muat, alat angkut, *crusher* dan jalur *belt conveyor*).

Tetapi pada kenyataannya, area tambang baru tersebut berserta alat produksinya belum siap untuk berproduksi. Oleh karena itu, kebutuhan *limestone* dan *silicastone* Pabrik Indarung VI direncanakan untuk dipasok dari area tambang yang ada (*existing*) dengan memaksimalkan alat

produksi di area *existing*. Hal ini membuat target produksi bulanan *limestone* untuk area *existing* meningkat dari 644.258 ton menjadi 1.117.781 ton. Sedangkan *silicastone* meningkat dari 86.387 ton menjadi 156.773 ton.

Dengan meningkatnya target produksi, tentu sebelumnya harus diketahui, bagaimana produksi aktual alat produksi (alat muat, alat angkut, *crusher* dan jalur *belt conveyor*) yang ada; bagaimana penjadwalan *shift* alat produksinya; apakah dengan kemampuan tersebut mampu untuk memenuhinya target produksi yang baru. Jika tidak mampu, optimasi apa yang harus dilakukan agar target produksi tersebut terpenuhi.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengungkap produktivitas aktual alat produksi tambang *limestone* dan *silicastone* sebelum

commissioning Pabrik Semen Indarung VI (Semester II 2017)

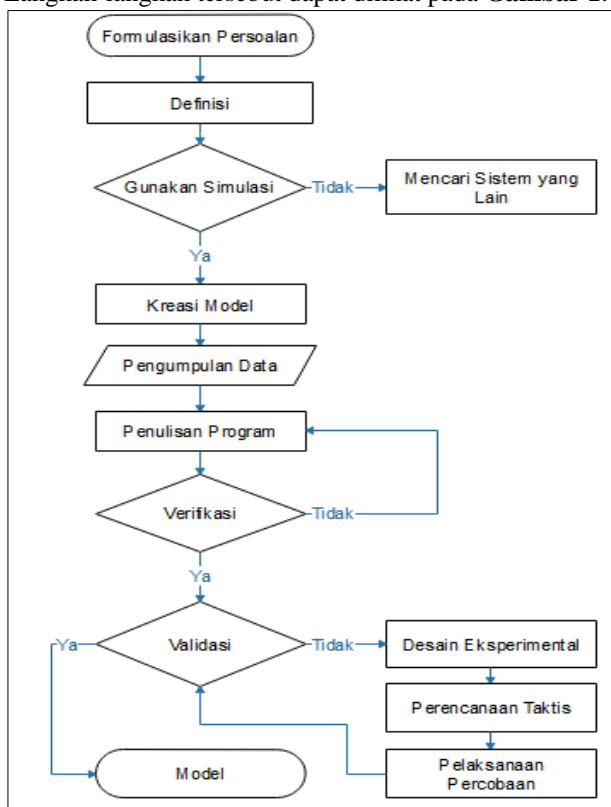
2. Mengungkap dan membandingkan produktivitas ideal alat produksi tambang *limestone* dan *silicastone* untuk memenuhi kebutuhan *commissioning* Pabrik Semen Indarung VI dan Pabrik Semen *Existing* PT Semen Padang pada semester II tahun 2017.
3. Menentukan optimasi apa yang dilakukan untuk mencapai target produksi.
4. Mengungkap produktivitas alat produksi tambang *limestone* dan *silicastone* alat produksi tambang *limestone* dan *silicastone* untuk memenuhi kebutuhan *commissioning* Pabrik Semen Indarung VI dan Pabrik Semen *Existing* pada semester II tahun 2017, setelah dilakukan optimasi.

2 Kajian Pustaka

2.1 Simulasi

Simulasi adalah suatu sistem yang digunakan untuk memecahkan atau menguraikan persoalan-persoalan dalam kehidupan nyata yang penuh dengan ketidakpastian dengan tidak atau menggunakan model atau metode tertentu dan lebih ditekankan pada pemakaian komputer untuk mendapatkan solusinya^[1].

Simulasi adalah proses membangun 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. Langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Langkah-langkah simulasi secara sistematis

2.2 Teori Produktivitas

Produktivitas adalah ukuran efektivitas dalam aktivitas produksi suatu barang atau jasa dari besaran input tertentu, atau rasio antara *output* terhadap *input*^[2]. Definisi dari *input* dan *output* akan berbeda-beda antar sektor industri. Dalam industri pertambangan produktivitas biasanya dinyatakan berupa produksi(*output*), dalam ton atau BCM, dibagi jam kerja (*input*). Persamaan (1) dapat menggambarkan definisi matematis produktivitas^[2].

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Produksi (Ton atau BCM)}}{\text{Jam Kerja}} \quad (1)$$

2.3 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 (%). Pernyataan tersebut dapat dijabarkan dalam bentuk persamaan (2)^[3,4].

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{waktu kerja efektif}}{\text{waktu kerja tersedia}} \times 100\% \quad (2)$$

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 (3)^[4,5].

$$W_e = W_t - (W_{hd} + W_{htd}) \quad (3)$$

W_e = Waktu kerja efektif, (menit)

W_t = Waktu yang tersedia, (menit)

W_{hd} = Total waktu hambatan yang dapat dihindari, (menit)

W_{htd} = Total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari, (menit)

Efisiensi jam kerja akan berjalan dengan baik apabila waktu kerja efektif mendekati dengan waktu kerja yang tersedia.

2.4 Produktivitas Aktual Alat Muat dan Alat Angkut

2.4.1 Produktivitas Alat Muat

Persamaan umum yang digunakan untuk menghitung produksi pada alat gali muat dan angkut^[6,7] yaitu:

$$Q = \frac{q_1 \times K \times 3600 \times E}{CT_m} \quad (4)$$

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

E = Efisiensi kerja (%)

CT_m = *Cycle Time* / Waktu siklus alat muat (detik)

q_1 = Kapasitas *bucket* (m^3)

K = Faktor *bucket*

2.4.2 Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas alat angkut tiap siklusnya dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan (5) ^[8].

$$C = n \times q_1 \times K \quad (5)$$

C = Produksi *dump truck* per siklus (m^3)

n = Banyak curah yang diperlukan *excavator* untuk mengisi *dump truck* sampai penuh

q_1 = Kapasitas *bucket* (m^3)

K = Faktor *bucket*

Produktivitas alat angkut per jam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) ^[8].

$$P = \frac{C \times 60 \times E \times M}{CTa} \quad (6)$$

P = Produktivitas *dump truck* per jam (m^3 /jam)

C = Produksi *dump truck* per siklus (m^3)

E = Efisiensi kerja (%)

M = Jumlah *dump truck* dalam *fleet*

CTa = Cycle Time/waktu siklus alat angkut (menit)

2.5 Crusher

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 peremuk (*crushing*). Peremuk batu pada prinsipnya bertujuan mereduksi material untuk memperoleh ukuran butir tertentu melalui alat peremuk dan pengayakan.

Dalam prosesnya, peremuk *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.

Sedangkan untuk *silicastone* menggunakan alat peremuk dengan tipe *roller crusher* yang biasa disebut *Mobile Crusher* (Moshher/MS) sebanyak dua unit, diantaranya *Moshher 1* yang saat ini tidak beroperasi dan *Moshher 2* yang terletak berdekatan dengan LSC2.

Efektivitas penggunaan alat atau dalam istilah lain disebut utilisasi adalah perbandingan produktivitas aktual alat dengan kapasitas terpasangnya ^[9], yang diformulasikan dalam persamaan (7):

$$Utilisasi = \frac{\text{Produktivitas Aktual}}{\text{Kapasitas Terpasang}} \times 100\% \quad (7)$$

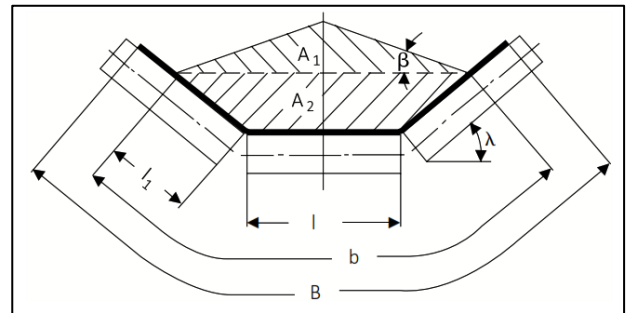
2.6 Belt Conveyor

Conveyor adalah salah satu jenis alat pengangkut yang berfungsi untuk mengangkut bahan-bahan industri yang berbentuk padat ^[10].

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.

Prinsip dasar yang digunakan dalam penghitungan produktivitas *belt conveyor* adalah dengan mengalikan luasan penampang (*cross-section*) beban yang diangkut dengan kecepatan angkut.

Untuk menghitung luas penampang beban maka dibutuhkan data diantaranya lebar *belt conveyor* (B), *surchage angle* /sudut tumpukan (β), dan *trough angle* / sudut samping (λ). Letak sudut-sudut tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 2. Load Cross Section ^[11]

Dari total lebar *belt* (b), tidak keseluruhannya bisa diisi beban, hal ini untuk mencegah tumpahnya material. Persamaan umum yang digunakan untuk mengetahui lebar beban maksimal (b) adalah sebagai berikut:

$$b \text{ (meter)} = (0,9 \times B) - 0,05 \quad (8)$$

Luas penampang beban yang diangkut *belt conveyor* (A) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan di bawah ini ^[11].

$$A = A_1 + A_2 \quad (9)$$

$$A_1 = 0,25 \times \tan \beta \times (I + (b - I) \times \cos \lambda)^2 \quad (10)$$

$$A_2 = I_1 \times \sin \lambda \times (I + I_1 \times \cos \lambda) \quad (11)$$

A = Luas Penampang Beban

A_1 = Luas Penampang beban bagian atas (Gambar 2)

A_2 = Luas Penampang beban bagian bawah (Gambar 2)

I = Panjang *idler* bagian tengah = B/3

I_1 = Lebar *idler* samping yang terisi material = $0,5 \times (b - I)$

β = *surchage angle* /sudut tumpukan

λ = *trough angle* / sudut samping

Kecepatan *belt* dari data jarak (s) dan waktu tempuh (t) dari material yang berada pada tiap *belt conveyor*. Dari data tersebut maka kecepatan gerak *belt conveyor* dapat dihitung menggunakan konsep rumus kecepatan ^[12] sebagai berikut:

$$v = \frac{s}{t} \quad (12)$$

Dengan diketahuinya kecepatan *belt* dan luas penampang beban *belt*, maka produktivitasnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari Dunlop-Enerka Belting^[11,13] berikut.

$$Q_v = A \times v \times 3600 \times \varphi \quad (13)$$

$$Q_m = Q_v \times \gamma \quad (14)$$

- Q_v = Produktivitas (m³/jam)
 A = Total *cross-sectional* area yang terbentuk pada *belt* akibat penopangan *idler* dan *angle of surcharge* (m²)
 v = Kecepatan *belt* (meter/detik)
 φ = Efisiensi Kerja
 γ = Densitas material (ton/m³)

3 Metode Penelitian

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.

Pendekatan yang dilakukan adalah dengan membuat simulasi yang menggambarkan kondisi aktual (pola operasi, jam efektif, produktivitas tiap alat) di lapangan, untuk di bandingkan dengan target produksi (kebutuhan). Optimasi dilakukan dengan menganalisis produktivitas masing-masing alat produksi dan jam efektif, untuk dibandingkan dengan produktivitas teoritisnya.

3.1 Pengambilan Data

3.1.1 Data Primer

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

1. *Cycle time* alat muat dan alat angkut
2. Koordinat jalan angkut *limestone* dan *silicastone*
3. Data kecepatan, lebar *belt*, *through angle*, dan *surcharge angle*

3.1.2 Data Sekunder

1. Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan, berisi data target produksi *limestone* dan *silicastone* tiap bulan.
2. Data Produksi, berisi tonase yang berhasil diproduksi tiap *shift* produksi, durasi jam efektif tiap *shift*, dan jalur pengiriman yang digunakan pada *shift* tersebut.
3. Data Operasional, berisi data hambatan kerja yang terjadi tiap *shift*, beserta dengan durasi hambatan
4. Spesifikasi Alat

3.2 Pengolahan Data

3.2.1 Jam Efektif dan Efisiensi Kerja

Sesuai teori, jam efektif tiap *shift*-nya didapatkan dengan mengurangi durasi *shift* dengan durasi hambatan-hambatan yang terjadi (Persamaan (3)). Hambatan apa saja yang terjadi beserta durasinya diketahui dengan melakukan analisis data operasional.

Setelah diketahui durasi jam efektif tiap *shift*, maka efisiensi kerja, baik tiap *shift* maupun keseluruhan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2).

3.2.2 Produktivitas Aktual Crusher dan Belt Conveyor

Produktivitas aktual *crusher* dan *belt conveyor* didapat dengan mengolah data produksi, yang terdiri dari total produksi tiap *shift* (ton), durasi jam kerja tiap *shift* (jam), dan jalur pengiriman yang dipakai tiap *shift*. Dengan menggunakan persamaan (1), dari data-data itu didapat *output* berupa tren produktivitas masing-masing *crusher* untuk setiap jalur pengiriman yang digunakan.

3.2.3 Produktivitas Teoretis Crusher dan Belt Conveyor

Kecepatan *belt conveyor* dihitung menggunakan persamaan (12) berdasarkan data jarak dan waktu tempuh *belt*, sedangkan luas penampang material yang diangkut dihitung menggunakan persamaan (8-11) berdasarkan data lebar *belt*, *through angle*, dan *surcharge angle*.

Setelah kecepatan (v) *belt* dan luas penampang beban (A) *belt* diketahui, maka kapasitas *belt* dapat dihitung menggunakan persamaan (13,14). Kemudian dilakukan identifikasi produktivitas tiap jalur pengiriman (*belt-belt* dan *crusher crusher*). Produktivitas jalur pengiriman tersebut adalah produktivitas *belt* atau *crusher* yang memiliki nilai terkecil dibanding *belt* yang lain.

3.2.4 Produktivitas Aktual Alat Angkut dan Alat Muat

Pengolahan data dimulai dengan *cycle time* rata-rata dari data yang dicatat di lapangan. Dari data spesifikasi alat, dapat diketahui ukuran *bucket* dan kapasitas angkut *dumptruck*. Setelah semua nilai didapat maka dapat dihitung produktivitas alat, untuk alat muat menggunakan persamaan (4) dan alat angkut menggunakan persamaan (5) dan (6).

3.2.5 Matching Fleet Alat Muat dan Alat Angkut Berdasarkan Jalan Angkut

Penyusunan *matching fleet* merupakan salah satu opsi optimasi yang akan digunakan nantinya. Tabel *Matching fleet* terdiri dari berbagai kombinasi jumlah alat muat dan alat angkut beserta produktivitas tiap kombinasinya. Untuk mendapatkan *matching fleet* alat angkut dan alat muat, penulis dibantu dengan *software* Talpac 10.

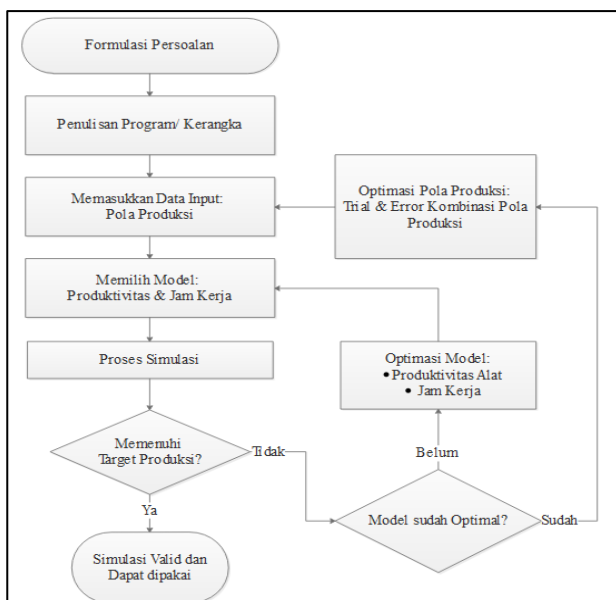
Dalam hal ini data yang penulis gunakan adalah berupa data rute pengangkutan (*hauling route*) dari tiap *loading point (front)* ke tiap *dumping point (crusher)*. Luaran dari pengolahan ini adalah berupa tabel yang berisi jumlah kebutuhan alat angkut, beserta produktivitas tiap kombinasi alat dan tiap jalan angkut.

3.3 Analisis Pengolahan Data

Analisis pengolahan data menggunakan metode simulasi. Metode simulasi digunakan karena mekanisme penambangan di Area Tambang *Existing* PT Semen Padang yang cukup kompleks, dimana ada dua jenis bahan galian yang ditambang, ada beberapa opsi *crusher* dan jalur *belt conveyor* yang digunakan, sehingga untuk mengevaluasi kemampuan produksi tidak bisa dilakukan secara langsung.

Simulasi dibangun pada suatu model dari sistem nyata, dalam hal ini sistem produksi (alat muat-alat angkut, *crusher*, dan *belt conveyor*), 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. Evaluasi sistem simulasi dilakukan dengan membandingkan dengan target produksi yang baru.

Berikut adalah langkah-langkah penyusunan simulasi sesuai dengan yang terdapat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Diagram Alir Proses Simulasi

3.3.1 Pemodelan Formulasi

Formulasi yang digunakan dalam simulasi ini dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\text{Produksi}(\text{ton}) = \sum \text{Jam Kerja Efektif} / \text{shift} \times \text{Produktivitas Jalur Pengiriman} \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Jam}} \right) \quad (15)$$

Jam kerja efektif tiap *shift*-nya didapat dari hasil analisis data operasional, atau optimasinya. Sedangkan besaran produktivitas jalur pengiriman ditentukan oleh

jalur pengiriman (*crusher* dan jalur *belt conveyor*) yang dipakai pada *shift* tersebut yang tergantung pola operasi yang digunakan.

3.3.2 Pengumpulan Data

Berdasarkan persamaan (15), diketahui bahwa data yang dibutuhkan adalah data jam kerja efektif tiap *shift*-nya, data produktivitas tiap jalur pengiriman dan data pola operasi.

Jam kerja efektif aktual tiap *shift*-nya didapat dari hasil analisis data operasional yang teknis pengolahannya telah dijelaskan pada bagian Pengolahan Data. Jika dengan jam efektif aktual target produksi belum tercapai, maka jam efektif aktual diganti dengan jam efektif perbaikan.

Data produktivitas aktual tiap jalur pengiriman didapat dari hasil analisis data produksi. Selain itu juga terdapat data produktivitas hasil optimasi. Teknis pengolahan data-data ini sudah dijelaskan pada bagian Pengolahan Data.

Data pola operasi terdiri dari data *crusher* dan jalur *belt conveyor* yang dipakai tiap *shift*-nya. Pola operasi aktual didapat dari hasil pengamatan di lapangan dan berdasarkan data produksi. Sedangkan pola operasi produksi perbaikan (optimasi) didapat dari hasil *trial and error* sesuai batasan-batasan yang ada.

3.3.3 Penulisan Program

Penulisan program dilakukan pada *software* Microsoft Excel 2016 memanfaatkan dan mengombinasikan formula-formula yang ada pada *software* tersebut. Simulasi ditulis untuk durasi produksi selama satu bulan produksi. Hal ini dilakukan karena sistem penambangan yang kompleks dan juga menyesuaikan dengan target produksi yang tersedia, dimana target produksi yang ada adalah target produksi bulanan. Dengan durasi satu bulan, simulasi dapat lebih leluasa dilakukan dengan berbagai optimasi dan pola produksi.

Pada penulisan program simulasi ini, simulasi dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Input

Data yang di-input-kan ke dalam simulasi adalah data pola produksi tiap *shift*-nya. Pola produksi yang dimaksud adalah data jalur pengiriman, *crusher* dan jalur *belt* mana yang digunakan tiap *shift*.

2. Model

Pada bagian model inilah diterapkan persamaan (15) dimana nilai produktivitas tiap jalur pengirimannya akan dipanggil/digunakan sesuai dengan pola produksi pada *input*. Pada model ini juga ditentukan jam efektif yang akan digunakan, apakah jam efektif aktual atau hasil optimasi, disesuaikan dengan tujuan simulasi.

3. Output

Luaran yang dihasilkan dari simulasi adalah berupa estimasi total produksi selama satu bulan produksi, yang dibandingkan dengan target produksi, sehingga didapat

persentase pencapaian produksi yang didapat dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{\text{Pencapaian produksi}(\%) = \frac{\text{Total Produksi dari Simulasi (ton)}}{\text{Target Produksi (ton)}} \times 100\% \quad (16)$$

3.3.4 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dan validasi dilakukan dengan mengecek setiap formula-formula yang digunakan pada *software*, apakah sudah sesuai atau mendekati dengan kondisi yang diinginkan.

3.3.5 Perencanaan Taktis

Pada tahapan ini dilakukan pemilihan data yang akan digunakan pada *input* dan model. Apakah akan dilakukan optimasi dan optimasi apa yang dilakukan. Setelah itu, disimulasikan dengan menggunakan data hasil optimasi. Simulasi akan terus dilakukan hingga tujuan simulasi tercapai.

3.3.6 Model Terpakai (usefull model)

Model simulasi akan dinyatakan terpakai jika tujuan tercapai, yaitu target produksi terpenuhi dan alat produksi memiliki jadwal perawatan yang masih memadai. Jika belum tercapai akan dilakukan simulasi lainnya dengan opsi optimasi yang ada.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Kemampuan Produksi Aktual

4.1.1 Efisiensi Kerja Aktual

1. Shift 1

Berdasarkan data operasional, dapat diketahui hambatan yang terjadi beserta durasinya pada **Tabel 1**. Dengan durasi jam efektif untuk *shift 1* adalah 4 jam 53 menit atau 4,88 jam, maka efisiensi kerja aktual untuk *shift 1* dihitung menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$Ek = \frac{4,88 \text{ jam}}{8 \text{ jam}} \times 100\% = 61,04\%$$

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

Hambatan	Durasi Hambatan (jam:menit)
Persiapan Jalur	0:47
<i>Ishoma</i>	1:21
Pindah Jalur	0:14
Pindah Pengisian	0:17
Tunggu Truk	0:28
Total Hambatan	3:07
Jam Operasional Efektif	4:53

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*

Hambatan	Durasi Hambatan (jam:menit)
<i>Ishoma</i>	1:14
Mengosongkan Jalur	0:38
Pindah Jalur	0:15
Pindah Pengisian	0:16
Tunggu Truk	0:25
Total Hambatan	2:48
Jam Operasional Efektif	4:12

Dengan durasi jam efektif untuk *shift 2* adalah 4 jam 12 menit atau 4,20 jam, maka efisiensi kerja aktual untuk *shift 2* dihitung menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$Ek = \frac{4,2 \text{ jam}}{7 \text{ jam}} \times 100\% = 60,00\%$$

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*

Hambatan	Durasi Hambatan (jam:menit)
Mengosongkan Jalur	0:22
Pindah Jalur	0:15
Pindah Pengisian	0:13
Tunggu Truk	0:28
Total Hambatan	1:18
Jam Operasional Efektif	7:42

Dengan durasi jam efektif untuk *shift 3* adalah 7 jam 42 menit atau 7,70 jam, maka efisiensi kerja aktual untuk *shift 3* dihitung menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$Ek = \frac{7,7 \text{ jam}}{9 \text{ jam}} \times 100\% = 85,56\%$$

Rata-rata efisiensi kerja aktual secara keseluruhan adalah 69,93%, seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi efisiensi kerja aktual

Shift	Durasi Terjadwal (jam)	Jam Efektif	Efisiensi
1	8	4,88	61,04%
2	7	4,20	60,00%
3	9	7,70	85,56%
Total	24	16,78	69,93%

4.1.2 Produktivitas Aktual Crusher dan Belt Conveyor

Untuk mengetahui tren produktivitas *crusher* dan *belt conveyor* yang lebih akurat, maka dilakukan analisa terhadap data-data produksi selama setahun terakhir. Dalam data produksi terdapat informasi berupa: *crusher* dan jalur *belt conveyor* yang digunakan; total produksi tiap *shift*; dan jam efektif saat produksi tersebut berlangsung. Dari data-data tersebut kita dapat menganalisis produktivitas aktual tiap jalur pengiriman dengan menggunakan persamaan (1) yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Produktivitas Aktual Tiap Jalur Pengiriman

Material	Crusher	Jalur Belt	Produktivitas Aktual
Silicestone	MS2	A1J12B	973,53
		A4J12P	831,09
Limestone	LSC2	A1J12B	1.425,10
		A4J12P	1.188,19
	LSC3A	A1J12B	1.213,70
		A4J12P	1.120,23
	LSC3B	A1J12B	1.321,85
		A4J12P	1.144,46

4.1.3 Produktivitas Aktual Alat Muat dan Alat Angkut

1. Alat Muat Limestone

Alat muat yang digunakan untuk gali-muat *limestone* (*density*= 1,65 ton/m³) adalah satu unit *excavator* Hitachi EX-2500-6 dengan ukuran *bucket* (*q*₁) 15 m³ dan *cycle time* 30 detik. Karena kondisi material yang digali merupakan hasil peledakan dan berukuran besar (dapat dilihat pada Gambar 4), dan *bucket fill factor* (*K*) yang digunakan adalah 0,8.



Gambar 4. Kondisi pengisian *bucket* EX-2500-6

Produktivitas aktual alat muat *limestone* dihitung menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

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

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

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

2. Alat Angkut Limestone

Alat angkut yang digunakan adalah 4 unit *dumpruck* Komatsu HD785-7, kapasitas 90 ton, dengan *cycle time*

(*CT*_m) rata-rata 10 menit, diisi dengan muatan (*n*) 4 *bucket excavator* Hitachi EX-2500-6. Dengan efisiensi kerja aktual 69,9 %, maka produktivitasnya dihitung dengan persamaan (6) sebagai berikut:

$$C = C = n \times q_1 \times K = 4 \times 15 \text{ m}^3 \times 0,8 = 48 \text{ m}^3$$

$$P = \frac{C \times 60 \times E \times M}{CT_a} = \frac{48 \times 60 \times 69,90\% \times 4}{10} = 805,6 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 805,6 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,65 \text{ ton/m}^3 = 1329,24 \text{ ton/jam}$$

3. Alat Muat Silicestone

Alat muat yang digunakan untuk gali-muat *silicestone* (*density*= 1,55 ton/m³) adalah satu unit *excavator* Komatsu PC1800 dengan ukuran *bucket* (*q*₁) 12 m³ dan *cycle time* 30 detik. Karena kondisi material yang digali yang masih alami dan tidak keras (dapat dilihat pada Gambar 5), dan *bucket fill factor* (*K*) yang digunakan adalah 0,9. Produktivitas aktual alat muat *silicestone* dihitung menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

$$Q = \frac{q_1 \times K \times 3600 \times E}{CT_m} = \frac{12 \times 0,9 \times 3600 \times 69,9\%}{30 \text{ detik}} = 784,35 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 784,35 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,55 \text{ ton/m}^3 = 1215,74 \text{ ton/jam}$$

4. Alat Angkut Silicestone

Alat angkut yang digunakan sebanyak 7 unit *Dump truk* Komatsu HD785-7, kapasitas 90 ton, dengan *cycle time* (*CT*_m) rata-rata 26,5 menit, diisi dengan muatan (*n*) 5 *bucket excavator* Komatsu PC-1800. Dengan efisiensi 70,8%, maka produktivitasnya dihitung dengan persamaan (6) sebagai berikut:

$$C = n \times q_1 \times K = 5 \times 12 \text{ m}^3 \times 0,9 = 54 \text{ m}^3$$

$$P = \frac{C \times 60 \times E \times M}{CT_a} = \frac{54 \times 60 \times 69,90\% \times 7}{26,50} = 519,61 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 519,61 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,55 \text{ ton/m}^3 = 805,38 \text{ ton/jam}$$



Gambar 5. Kondisi pengisian *bucket* PC-1800

4.1.4 Hasil Simulasi 1

Setelah dilakukan simulasi berdasarkan kondisi aktual diatas, untuk durasi satu bulan produksi, diperkirakan total produksi *limestone* dan *silicestone* secara berurutan adalah 674.503 ton dan 81.960 ton, dengan persentase pencapaian target produksi 60% dan 52%. Hal ini berarti dengan kondisi aktual yang ada, alat produksi belum mampu untuk mampu untuk memenuhi target produksi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pencapaian Target Produksi untuk Simulasi 1

Jenis Material	Limestone	Silicastone
Target Produksi (ton)	1.117.781	156.773
Total Produksi (ton)	674.503	81.960
Selisih (ton)	(443.278)	(74.813)
Pencapaian Produksi	60%	52%

4.2 Optimasi 1

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 Meysiko Nobyl 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^[14]. Selain itu juga dilakukan pada penelitian yang dilakukan oleh Fitri Eka Yulia di PT Semen Padang pada tahun 2017, dengan memperbaiki jam kerja efektif, produktivitas *crusher* meningkat dari 692.755 ton per bulan menjadi 810.992 ton per bulan^[15].

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 di implementasikan. 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 *belt conveyor*, pengisian bahan bakar alat berat. Berdasarkan pengamatan di lapangan, durasi yang dibutuhkan ± 10 menit tiap *line* produksi, jika pada *shift* sebelumnya ada dua *line* produksi yang aktif maka durasinya menjadi ± 20 menit.

2. Ishoma

Terdiri dari kegiatan istirahat, shalat zuhur, dan makan. Lamanya durasi *ishoma* ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya: seringnya operator memulai *ishoma* 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

Pindah jalur pengiriman dilakukan dengan menggerakkan *carry belt conveyor*, dapat dilakukan dalam waktu 5 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. Pindah Pengisian

Menggerakkan *Carry belt conveyor* sesuai jalur pengisian. Dapat dilakukan dalam 5 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 belt conveyor* lagi.

5. Tunggu Truk

Seharusnya tidak terjadi dalam aktivitas produksi. Agar tidak menunggu truk, maka perlu dilakukan optimasi terhadap *fleet* alat muat dan alat angkut yang bekerja, dimana produktivitas *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.

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

Tabel 7. Rekapitulasi durasi jam efektif dan efisiensi kerja setelah perbaikan jam efektif

Shift	Jam Efektif	Efisiensi Kerja Aktual	Perbaikan Jam Efektif	Efisiensi Kerja
1	4,88	61,04%	6,50	81,25%
2	4,20	60,00%	5,67	80,95%
3	7,70	85,56%	8,50	94,44%
Total	16,78	69,93%	20,67	86,11%

Setelah dilakukan perbaikan jam kerja efektif, maka efisiensi kerja meningkat dari 69,93% menjadi 86,11%. Peningkatan efisiensi kerja ini nantinya akan meningkatkan produktivitas alat produksi, dalam upaya untuk mencapai target produksi.

4.2.2 Optimasi Produktivitas Fleet (Alat Angkut dan Alat Muat)

Berdasarkan hasil analisis data operasional, salah satu hambatan kerja dalam proses produksi di area penambangan adalah waktu tunggu truk, yang rata-rata 10 menit tiap *shift*-nya. Berdasarkan penelitian berjudul “*Improving Truk-Shovel Matching* “ oleh S Nel dkk^[2], penyebab waktu tunggu truk ini disebabkan oleh jumlah truk dan *excavator* yang tidak sesuai. Dalam penelitian tersebut optimasi dilakukan dengan bantuan *software* TALPAC.

Optimasi menggunakan TALPAC juga dilakukan oleh Dany Al Qadry^[16] dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Perbandingan Produktivitas Alat Angkut Hasil Simulasi *Talpac* untuk Penentuan Jumlah Alat Angkut Caterpillar 793 C di PT. Newmont Nusa Tenggara, Nusa Tenggara Barat dan juga oleh Eko Santoso^[17] dengan judul “Optimasi Kebutuhan Alat Angkut pada Tambang Terbuka Menggunakan Simulasi Program *Talpac*.”

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

Untuk *limestone* ada empat *loading point* yang aktif dan dua *dumpping point* (LSC3A dan LSC 3B dianggap satu *dumpping point*, karena letaknya bersebelahan). Jadi total ada delapan (4 \times 2) permutasi rute pengangkutan *limestone*.

Tabel 8. Rencana *matching fleet* Area Existing PT Semen Padang

Material	Haulage System	Opsi jumlah truk beserta produktivitas			
		-3	-2	-1	Jumlah Ideal
<i>Silicastone</i>	MS2-Front III	(5) 862,5	(6) 1022,1	(7) 1173,9	(8) 1306,0
<i>Limestone</i>	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 *silicastone* terdapat pada baris pertama kolom 6, yaitu “(8) 1306,0”, yang menyatakan bahwa jumlah truk idelnya adalah 8 unit dengan produktivitas *fleet*-nya 1306,0 ton/jam.

Sedangkan untuk *silicastone* hanya ada satu jalur pengangkutan, yaitu dari *front III* ke *Mosher 2 (MS2)*. Data koordinat dari tiap jalur pengangkutan di-input-kan ke dalam *software* beserta data *fixed time (loading time, maneuver time dan dumping time)* yang didapat dari lapangan, maka didapatlah jumlah kebutuhan *dumpruck* tiap jalur pengangkutan (*matching fleet*) pada **Tabel 8**.

4.2.3 Hasil Simulasi 2

Pada simulasi 2, optimasi dilakukan dengan cara perbaikan efisiensi kerja dan produktivitas *fleet*.

Setelah dilakukan simulasi, diperkirakan total produksi *limestone* dan *silicastone* adalah 798.924 ton dan 109.781 ton, dengan pencapaian target produksi 71% dan 70%. 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 9**.

Tabel 9. Pencapaian Target Produksi untuk Simulasi 2

Jenis Material	<i>Limestone</i>	<i>Silicastone</i>
Target Produksi (ton)	1.117.781	156.773
Total Produksi (ton)	798.924	109.781
Selisih (ton)	(318.858)	(46.992)
Pencapaian Produksi	71%	70%

4.3 Optimasi 2

Karena hasil simulasi 2 belum memenuhi target produksi, maka optimasi juga dilakukan pada utilisasi produktivitas

Tabel 10. Produktivitas Aktual dan Teoretis *crusher-belt conveyor*

<i>Crusher</i>	Jalur <i>Belt</i>	Produktivitas (ton/jam)		Utilisasi	Perbaikan Produktivitas	Utilisasi
		Aktual	Teoretis			
MS2	A1J12B	973,53	1100,00	89%	990,00	90%
	A4J12P	831,09	1100,00	76%	990,00	90%
LSC2	A1J12B	1.425,10	1500,00	95%	1425,10	95%
	A4J12P	1.188,19	1500,00	79%	1300,00	87%
LSC3A	A1J12B	1.213,70	1300,00	93%	1213,70	93%
	A4J12P	1.120,23	1300,00	86%	1120,23	86%
LSC3B	A1J12B	1.321,85	1700,00	78%	1500,00	88%
	A4J12P	1.144,46	1700,00	67%	1450,00	85%
Rata-rata				83%		89%

crusher dan *belt conveyor*, dengan cara meningkatkan *input* material ke *crusher*. Peningkatan *input* tersebut dilakukan dengan meningkatkan produktivitas alat angkut, dalam hal ini memilih *fleet* alat angkut yang memiliki produktivitas lebih tinggi.

Opsi ini dipilih setelah melihat penelitian yang dilakukan oleh M Alvin Syam^[5] di PT Nan Riang pada tahun 2014, salah satu solusi yang digunakan pada penelitian tersebut, dalam rangka meningkatkan produktivitas *crusher* adalah dengan meningkatkan produktivitas alat yang menyuplai material, yaitu alat muat.

4.3.1 Produktivitas Teoretis *Crusher-Belt Conveyor*

Produktivitas teoretis *belt* dapat dihitung menggunakan persamaan (13,14). Kemudian dilakukan identifikasi produktivitas tiap jalur pengiriman (*belt-belt* dan *crusher crusher*) sehingga didapatkan produktivitas tiap jalur pengiriman pada **Tabel 10**.

4.3.2 Optimasi Produktivitas *Crusher dan Belt Conveyor*

Setelah didapat produktivitas aktual dan teoretis, maka dapat diketahui seberapa utilisasi *crusher* di lapangan, apakah masih dapat ditingkatkan atau tidak. Perbandingan produktivitas *crusher-belt conveyor* aktual dan teoretis dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Berdasarkan hasil perbandingan pada **Tabel 10**, diketahui bahwa rata-rata Efektivitas penggunaan jalur *belt* sebesar 83%. Nilai ini masih bisa ditingkatkan dengan cara meningkatkan suplai dari truk, sehingga nantinya diharapkan efektivitas penggunaan jalur *belt* meningkat menjadi 90% (Dengan mempertimbangkan menjaga *durability* alat, maka alat tidak dipaksa bekerja di batas maksimumnya). Hal ini dapat menjadi salah satu opsi optimasi produksi dalam rangka mencapai target produksi.

4.3.3 Hasil Simulasi 3

Setelah dilakukan simulasi untuk durasi satu bulan produksi, diperkirakan total produksi *limestone* dan *silicastone* secara berurutan adalah 855.707 ton dan 120.450 ton, dengan persentase pencapaian target produksi 77%, baik *limestone* maupun *silicastone*. Jika dibandingkan dengan simulasi sebelumnya, pencapaian produksi sudah meningkat, tetapi belum mampu untuk memenuhi target produksi. Oleh karena itu, harus dilakukan optimasi lainnya pada Simulasi 4. Hasil simulasi 3 dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Pencapaian Target Produksi untuk Simulasi 3

Jenis Material	<i>Limestone</i>	<i>Silicastone</i>
Target Produksi (ton)	1.117.781	156.773
Total Produksi (ton)	855.707	120.450
Selisih (ton)	(262.074)	(36.323)
Pencapaian Produksi	77%	77%

4.4 Optimasi 3

4.4.1 Optimasi Pola Produksi

Karena pada simulasi-simulasi sebelumnya seluruh optimasi alat produktivitas alat sudah dicoba, maka pada simulasi ini optimasi akan dilakukan pada pola produksi dan pemeliharaan. Seperti yang pernah dilakukan oleh Meysiko Nobyl^[14] dalam penelitiannya yang berjudul “Optimasi Penggunaan *Lime Stone Crusher* sebagai Alat Peremuk Batugamping di PT Semen Padang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang Provinsi Sumatera Barat.” Dalam penelitian tersebut, salah satu optimasi yang dilakukan adalah dengan perubahan pola produksi. Dengan perubahan tersebut, produksi dapat meningkat menjadi 429.283 ton/bulan dari sebelumnya, 417.262 ton/bulan.

Tabel 12. Pola Produksi Baru

HARI KE-	SHIFT	CRUSHER		BELT CONVEYOR	
		Line 1	Line 2	Line 1	Line 2
1	1	MS2		A1J12B	
	2	MS2	LSC3A	A4J12P	A1J12B
	3	LSC2	LSC3B	A4J12P	A1J12B
2	1	LSC2		A4J12P	
	2	LSC2	LSC3B	A1J12B	A4J12P
	3	LSC2	LSC3B	A1J12B	A4J12P

Setelah melakukan simulasi dengan *trial and error* dan tetap memperhatikan batasan di lapangan, maka didapat pola produksi baru yang dapat dilihat pada **Tabel 12**.

4.4.2 Hasil Simulasi 4

Setelah dilakukan simulasi untuk durasi satu bulan produksi, diperkirakan total produksi *limestone* dan *silicastone* secara berurutan adalah 928.453 ton dan 132.582 ton, dengan persentase pencapaian target produksi 83% untuk *limestone* dan 85% untuk *silicastone*. Jika dibandingkan dengan simulasi sebelumnya, pencapaian produksi sudah meningkat, tetapi belum mampu untuk memenuhi target produksi. Oleh karena itu, harus dilakukan optimasi lainnya pada Simulasi 5. Hasil simulasi 4 dapat dilihat pada **Tabel 13**.

Tabel 13. Pencapaian Target Produksi untuk Simulasi 4

Jenis Material	<i>Limestone</i>	<i>Silicastone</i>
Target Produksi (ton)	1.117.781	156.773
Total Produksi (ton)	928.453	132.582
Selisih (ton)	(189.314)	(24.185)
Pencapaian Produksi	83%	85%

4.5 Optimasi 4

Simulasi selanjutnya menggunakan pola produksi yang sama dengan simulasi sebelumnya, namun menggunakan efisiensi dan jam kerja efektif yang telah dioptimalkan. Simulasi ini menghasilkan total produksi *limestone* sebanyak 1.133.487 ton dan *silicastone* sebanyak 162.471 ton, dengan pencapaian produksi 101% untuk *limestone* dan 105% untuk *silicastone*. Karena telah melebihi 100%, berarti dengan menggunakan pola produksi baru dan perbaikan efisiensi kerja, maka target produksi untuk pabrik *existing* dan *commissioning* Pabrik Indarung VI dapat terpenuhi. Maka dengan hasil ini, simulasi ini dinyatakan valid, dan dapat diterapkan di lapangan.

Tabel 14. Pencapaian Target Produksi untuk Simulasi 5

Jenis Material	<i>Limestone</i>	<i>Silicastone</i>
Target Produksi (ton)	1.117.781	156.773
Total Produksi (ton)	1.126.754	167.180
Selisih (ton)	8.987	10.413
Pencapaian Produksi	101%	105%

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Setelah disimulasikan, diketahui bahwa alat produksi memiliki kemampuan produksi aktual 674.503 ton *limestone* per bulan, dan 81.960 ton *silicastone* per bulan.
2. Pencapaian produksi aktual jika dibandingkan dengan target produksi hanya 60% untuk *limestone* dan 52% untuk *silicastone*. Hal ini berarti alat produksi belum mampu memenuhi target produksi yang direncanakan.

3. Optimasi yang dilakukan antara lain: Perbaikan efisiensi kerja dari 69,90% menjadi 86,11%; perancangan ulang *matching fleet* menggunakan bantuan *software* analisis; dan penambahan *shift* kerja per hari, dari tiga *shift* menjadi lima *shift*.
4. Setelah dilakukan beberapa kali simulasi dengan menerapkan optimasi diatas, alat produksi area *existing* memiliki total produksi *limestone* sebanyak 1.133.487 ton dan *silicastone* sebanyak 162.471 ton, dengan pencapaian produksi 101% untuk *limestone* dan 105% untuk *silicastone*.

5.2 Saran

1. Kedisiplinan pekerja harus ditingkatkan, agar optimasi jam efektif tercapai
2. Jumlah *fleet* tiap *shift*-nya harus berpedoman kepada Tabel *matching fleet* yang telah disusun (Tabel 8), agar tidak ada waktu tunggu truk, dan dapat memaksimalkan produktivitas *crusher* dan *belt conveyor*
3. 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.
4. Mempercepat penyelesaian pembangunan area penambangan baru beserta *crusher* dan jalur *belt conveyor*-nya agar beban produksi pada area *existing* berkurang..

Daftar Pustaka

- [1] T. J. Kakiay, *Pengantar Sistem Simulasi*, Yogyakarta: Penerbit ANDI (2004)
- [2] S. Nel, M. Kizil dan P. Knights, *Improving Truck-Shovel Matching*, J. APCOM Symposium, **vol. 35**, 381-391 (2011)
- [3] P. Prodjosumarto, *Pemindahan Tanah Mekanis*, Bandung: Institut Teknologi Bandung (1996)
- [4] R. Faisal, Kresno dan D. Poetranto, *Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut untuk Memenuhi Target Produksi 780,000 ton/bulan di PT.Semen Padang*, J. Teknologi Pertambangan, **vol. 1, no. 2**, 46-50 (2016)
- [5] M. A. Syam, Zaenal dan L. Pulungan, *Kajian Kerja Crushing Plant untuk Memenuhi Target Produksi Batubara di PT Nan Riang Kecamatan Muara Tembesi, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi*, J. Prosiding Teknik Pertambangan, **vol. 1, no. 2**, 58-64 (2015)
- [6] Komatsu, *Specifications & Application Handbook Edition 30*, Tokyo: Komatsu (2009)
- [7] T. Mayyondra, Murad dan Fadhilah, *Biaya Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Kegiatan Pengupasan Overburden Penambangan Batubara di PT. Karbindo Abesyapradhi*, J. Bina Tambang, **vol. 2, no. 1**, 1-15 (2015)
- [8] Rochmanadi, *Kapasitas dan Produksi Alat-alat Berat*, Jakarta: Departemen Penerbit Pekerjaan Umum (1992)
- [9] A. I. Harahap, H. Iskandar dan T. Arief, *Kajian Kominusi Limestone pada Area Penambangan PT Semen Padang, Bukit Karang Putih, Indarung, Sumatera Barat*, J. Ilmu Teknik, **vol. 2, no. 2**, 1-9 (2014)
- [10] D. James, *Perancangan Sistem Konveyor*, Universitas Indonesia, Depok (2008)
- [11] Dunlop-Enerka Belting, *Conveyor Belt Technique Design and Calculation*, Preston: Dunlop-Enerka, (1994)
- [12] S. Siahaan, A. Mustopa, Nurhakim dan Y. Prakoso, *Evaluasi Produktivitas Belt Conveyor Dalam Peningkatan Target Produksi Pengapalan Batubara Di Pelabuhan Khusus PT Mitratama Perkasa, Desa Muara Asam-Asam, Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan*, J. Geosapta, **vol. 1, no. 1**, 33-35 (2015)
- [13] Efrinaldi, *Analisa Kerja Belt Conveyor 5857-V Kapasitas 600 Ton/Jam*, J. Rekayasa Mesin, **vol. 3, no. 3**, 450-458 (2012)
- [14] M. M. Nobyl, S. Widayati dan D. N. Usman, *Optimalisasi Penggunaan Limestone Crusher sebagai Alat Peremuk Batu Gamping di PT. Semen Padang Kecamatan Lubuk Kilangan Kotamadya Padang Provinsi Sumatera Barat*, J. Prosiding Teknik Pertambangan, **vol. 2, no. 1**, 163-171 (2016)
- [15] F. E. Yulia, R. Kopa dan Y. M. Anaperta, *Evaluasi Kinerja Crushing Plant dan Belt Conveyor dalam Pengolahan Dan Pengiriman Limestone ke Storage Indarung Di PT Semen Padang*, J. Bina Tambang, **vol. 3, no. 1**, 1-10 (2018)
- [16] D. Al Qadary, *Analisis Perbandingan Produktivitas Alat Angkut Hasil Simulasi Talpac untuk Penentuan Jumlah Alat Angkut CAT 793C DI PT Newmont Nusa Tenggara*, UPN "Veteran" (2009)
- [17] E. Santoso, *Optimalisasi Kebutuhan Alat Angkut pada Tambang Terbuka Menggunakan Simulasi Program Talpac*, J. Geosapta, **vol. 2, no. 2**, 116-121, (2016)