



ANALISIS REGRESI LINEAR BERGANDA TERHADAP LOSSTIME UNTUK MENCAPAI TARGET PRODUKSI LIMESTONE CRUSHER VI PT SEMEN PADANG

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS OF LOSSTIME TO ACHIEVE LIMESTONE CRUSHER VI PRODUCTION TARGET PT SEMEN PADANG

MM. Putri¹, A. Octova²

¹⁻²Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang; Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Barat, Kec. Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat, Telepon: FT: (0751)7055644, 445118 Fax: 7055644 e-mail: ¹[*¹melanimithaputri@gmail.com](mailto:melanimithaputri@gmail.com), ²adree.octova@gmail.com

ABSTRAK

PT Semen Padang merupakan perusahaan pertambangan batu kapur dengan metode penambangan terbuka. Reduksi batu kapur dilakukan pada unit *crusher* yang saat ini aktif yaitu *Limestone Crusher VI*. Ketercapaian produksi batu kapur tahun 2021 pada bulan Juli adalah 64,6%, pada bulan Agustus 65% dan pada bulan September 62,7% dari target yang ditetapkan. Sedangkan ketercapaian target dari jam kerja efektif tahun 2021 adalah 76,7% pada bulan Juli, 78,1% pada bulan Agustus dan 73,8% pada bulan September. Tidak tercapainya target produksi disebabkan adanya *loss time* yang menyebabkan waktu kerja menjadi berkurang. Untuk itu, penulis melakukan analisis regresi linear berganda sebagai metode untuk meminimalisir waktu hambatan tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah memaksimalkan waktu kerja efektif supaya jumlah produksi yang didapatkan sesuai dengan target yang ditetapkan oleh perusahaan. Adapun model regresi yang didapatkan adalah $Y = 39654,54 - 1645,64 X_1 - 1517,85X_2$. Rekomendasi waktu hambatan ditilik dari waktu *delay* dengan asumsi bahwa waktu *delay* merupakan parameter waktu yang dapat dihindari sedangkan waktu *idle* adalah waktu yang tidak dapat dihindari oleh manusia. Adapun jumlah waktu hambatan rekomendasi untuk masing-masing parameter hambatan harian yang didapatkan yaitu 0,313 jam untuk persiapan operasi, 0,681 jam untuk waktu tunggu *feeding*, 0,905 jam untuk waktu istirahat, 0,056 jam untuk pindah jalur atau pengosongan jalur, dan 0,065 jam untuk waktu ganti operator.

Kata kunci: Regresi Linear Berganda, *Limestone Crusher VI*, *delay time*, *idle time*

ABSTRACT

PT Semen Padang is a limestone mining company using the open pit mining method. To reduce limestone, the crusher unit which is currently active is limestone crusher VI. The achievement of limestone production in Limestone Crusher VI in 2021 in July was 64.6%, in August 65% and in September 62.7% of the target set. Meanwhile, the target achievement of effective working hours was 76.7% in July, 78.1% in August and 73.8% in September. The production target is not achieved due to losstime which causes working time to be reduced. For this reason, the author performs multiple linear regression analysis as a method to minimize the obstacle time. The purpose of this study is to maximize effective working time so that the amount of production obtained is in accordance with the target set by the company. The regression model obtained is $Y = 39654.54 - 1645.64 X_1 - 1517.85X_2$. The recommended delay time is based on the delay time with the assumption that the delay time is a time parameter that can be avoided while the idle time is a time that cannot be avoided by humans. The amount of recommended barrier time for each daily obstacle parameter obtained is 0.313 hours for preparation for surgery, 0.681 hours for waiting time for feeding, 0.905 hours for rest time, 0.056 hours for changing lanes or lane emptying, and 0.065 hours for operator change time.

Keywords : *Multiple Linear Regression, Limestone Crusher VI, Delay Time, Idle Time*

PENDAHULUAN

PT Semen Padang adalah salah satu perusahaan BUMN yang bergerak dalam bidang pertambangan batu kapur dan memiliki empat buah Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi (OP) mineral bukan logam. Keempat IUP-OP ini di antaranya, IUP-OP 206,29 Ha dan IUP-OP 329,89 Ha di Bukit Karang Putih, serta IUP-OP 107 Ha di Bukit Ngalau dan IUP-OP 88 Ha di Desa Padayo, Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Padang.

PT Semen Padang menerapkan sistem penambangan tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *quarry mining*. Kegiatan penambangannya dimulai dari perintisan (*pioneering*), pembersihan area tambang (*dozing*), pengeboran (*drilling*), peledakan (*blasting*), pemuatan (*loading*) dengan alat gali muat, pengangkutan material dengan alat angkut (*hauling*) dari *loading area* ke *crusher*, dan peremukan material oleh *crusher*. Pada *crusher* terdapat serangkaian peralatan untuk menampung, mengantarkan dan menyaring material yang masuk ke *crusher*.

Ketercapaian produksi batu kapur pada bulan Juli-September 2021 PT Semen Padang dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Produksi *Limestone Crusher* VI PT Semen Padang

Bulan	Produksi			Jam Operasi		
	Plan (Ton)	Aktual (Ton)	%	Plan (Jam)	Aktual (Jam)	%
Jul	1.088.850	703.500	64,6	604,9	464,1	76,7
Aug	1.011.900	665.575	65,8	562,2	439,1	78,1
Sep	1.314.385	824.900	62,7	768,1	567,1	73,8

Berdasarkan tabel 1 di atas, menurut pengamatan penulis tidak tercapainya target produksi tersebut dikarenakan beberapa hambatan. Di antaranya, jam kerja efektif yang merupakan banyaknya jam kerja aktual pada unit *crusher* dibandingkan dengan jam kerja rencana. Jam kerja efektif dipengaruhi oleh waktu hambatan yang terdiri dari waktu *delay* dan waktu *idle*. Waktu *delay* adalah waktu hambatan yang bisa diminimalisir atau dihindari oleh manusia sedangkan waktu *idle* adalah waktu hambatan yang tidak bisa dihindari seperti kerusakan pada alat, masalah elektrik, faktor lingkungan dan sebagainya.

Penelitian ini menggunakan metode analisis regresi linear berganda yang dapat menganalisis parameter hambatan ke dalam sebuah persamaan. Pada persamaan regresi linear berganda ini terdapat variabel bebas dan variabel terikat yang akan diuji untuk mengetahui korelasi dan pengaruh terhadap satu sama lainnya. Dimana nilai dari variabel terikat akan dipengaruhi oleh variabel bebasnya sehingga dapat berubah mengikuti perubahan nilai

variabel bebas. Untuk bulan Oktober 2021 *limestone crusher* yang dioperasikan adalah *limestone crusher* VI. Untuk itu penelitian akan berfokus untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada *limestone crusher* VI PT Semen Padang dengan rata-rata target produksi harian adalah 32.000 ton.

Penelitian terdahulu yang menggunakan analisis serupa dalam meningkatkan produksi adalah penelitian Afrinal dan Mulya (2018) pada produksi tambang emas di PT J Resource Bolaang Mongondow *Site* Bakan Sulawesi Utara [1]. Hasil yang didapatkan dalam penelitian tersebut adalah jumlah waktu tidak efektif dari parameter hambatan *idle time*, *delay time* dan *breakdown* pada *crusher* serta menemukan persamaan regresi linear berganda parameter hambatan terhadap produktivitas *crushing plant*.

Penelitian lainnya seperti dalam Maharani dan Adree (2019) yang meminimalisir waktu hambatan untuk mencapai target 300.000 ton batu granit di PT Trimegah Perkasa Utama [2]. Adapun hasil yang didapatkan di antaranya persamaan linear berganda dari waktu kerja efektif *loading hauling* (X1), Nordberg *primary crusher* (X2) dan *jaques primary crusher* (X3) terhadap total produksi batu granit (Y) adalah $Y = -326,865 + 34,28567 X1 + 564,6184 X2 + 748,8142 X3$ dan dari persamaan dapat ditarik kesimpulan bahwasanya *jaques primary crusher* paling dominan di antara variabel lain.

Dalam Pinda Sari dkk (2018) juga melakukan optimalisasi jam kerja produksi pada penambangan Batubara di Area Pit Timur PT Artamulia Tatapratama dengan analisis statistik pada alat gali muat dan alat angkut yang bekerja selama satu bulan penelitiannya [3]. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa waktu optimal dari tiga unit excavator berdasarkan simulasi statistik adalah 7,67 jam untuk waktu kerja efektif, maka waktu *delay* yang diizinkan adalah 12,99 jam sedangkan jika *delay* timenya adalah 14,78 jam maka *idle time* yang diizinkan hanya sebesar 6,03 jam. Faktor waktu hambatan ini juga diteliti Mkhatswa (2009) yang mendapatkan penyebab terjadinya waktu hambatan adalah *daily safety meeting*, *maintenance* (perawatan) mesin harian, dan waktu memulai kerja yang terlambat [4].

Oleh sebab itu, tujuan dari penelitian ini adalah memaksimalkan waktu kerja efektif supaya jumlah produksi yang didapatkan sesuai dengan target yang ditetapkan oleh perusahaan.

METODE PENELITIAN

Menurut jenis data yang didapatkan penulis maka penelitian ini dapat dikategorikan jenis penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif merupakan penelitian yang bermula dari sebuah gagasan atau kerangka teori dari para ahli, ataupun dari pemahaman dan pengamatan penulis dari pengalaman di lapangan yang mana dapat

diangkat suatu permasalahan dan ditemukan pemecahan masalahnya untuk dapat diperoleh solusi yang sesuai dengan keadaan lapangan.

Menurut Danim (2002), penelitian kuantitatif adalah kajian yang diibaratkan sebagai *value free* maksudnya penelitian kuantitatif ini bersifat objektif karena data yang diperoleh akan ditelaah dengan dilakukan pengujian validitas serta reliabilitas datanya [5]. Adapun pada penelitian ini, penulis akan menggunakan analisis linear berganda untuk mengetahui pengaruh waktu hambatan terhadap jumlah produksi batu kapur di PT Semen Padang. Jumlah produksi merupakan variabel terikat, sedangkan waktu hambatan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu *delay time* dan *idle time* sebagai variabel bebasnya.

Menurut hipotesa awal penulis, jumlah produksi (Y) memiliki hubungan berbanding terbalik dengan waktu hambatan *delay time* (X_1) dan *idle time* (X_2). Semakin besar waktu hambatan maka jumlah produksi pada *Limestone Crusher* VI akan semakin berkurang.

Lokasi penelitian adalah PT Semen Padang yang terletak di Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. Sekitar 15 km ke arah sebelah Timur dari Kota Padang dengan ketinggian kurang lebih 200 mdpl. Sedangkan letak geografisnya $1^{\circ}04'30''$ Lintang Selatan sampai $1^{\circ}06'30''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ}15'30''$ Bujur Timur sampai $100^{\circ}18'30''$ Bujur Timur. Sedangkan letak wilayah penambangan batu kapur berada di desa Karang Putih, Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan tepatnya di Bukit Karang Putih. Untuk akses ke lokasi penambangan dapat ditempuh lebih kurang lebih 65 menit dengan kendaraan umum dari pusat kota dan lebih kurang 10 menit dari pabrik PT Semen Padang. Kesempaian daerah lokasi penambangan bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Kesempaian Daerah PT Semen Padang

Penelitian dilakukan selama satu bulan tepatnya mulai dari 12 Oktober hingga 11 November 2021. Dimulai dengan tahapan pendahuluan, yaitu studi literatur dengan mencari bahan pustaka berupa jurnal dan buku yang berkaitan dengan topik permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian. Setelah itu, dilakukan observasi ke

lapangan untuk mengenali kondisi dan permasalahan aktual.

Pada tahapan pengumpulan data penulis melakukan dua metode pengumpulan data, yaitu pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang diambil langsung ketika berada di lapangan berupa pencatatan waktu hambatan yang terjadi serta tanya jawab pada pihak-pihak perusahaan. Sedangkan pada data sekunder berupa data arsip dari perusahaan.

Data primer yang didapatkan adalah waktu hambatan *limestone crusher* VI. Sedangkan data sekunder pada penelitian ini adalah spesifikasi *crusher* dan jumlah produksi harian selama satu bulan waktu penelitian.

Adapun tahap pengolahan dan analisis data dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung produktivitas dari alat *loading hauling* untuk mengetahui produksi umpan. Berikut perhitungan produktivitas pada alat *loading hauling*.

Produktivitas Loading Hauling Material

Produktivitas merupakan laju material yang dipindahkan dalam satuan waktu tertentu. Dalam Kadir (2008), produktivitas dari alat gali muat dihitung dengan rumus sebagai berikut [6]:

$$Q = q \times \frac{60}{Cta \text{ (menit)}} \times E \times \text{density (loose)} \quad (1)$$

Keterangan:

- Q = Produktivitas alat gali muat (ton/jam)
- q = Kapasitas dari *Bucket* alat gali muat (m^3)
- Cta = *Cycle time* dari alat gali muat (menit)
- E = Efisiensi dari waktu kerja alat gali muat (%)

Sedangkan untuk produktivitas dari alat angkut adalah berikut:

$$Q = q \times \frac{60}{Cta \text{ (menit)}} \times E \times \text{density (loose)} \quad (2)$$

Keterangan:

- Q = Produktivitas alat angkut (ton/jam)
- q = Produksi satu siklus alat angkut (m^3)
- Cta = *Cycle time* dari alat angkut (menit)
- E = Efisiensi waktu kerja alat angkut (%)

Analisis Regresi Linear Berganda

Regresi linear berganda merupakan salah satu dari jenis analisis dalam statistik yang memiliki model regresi dengan satu variabel terikat (Y) dan lebih dari satu variabel bebas (X_1, X_2, \dots, X_n).

Dalam Hasan (2003), persamaan yang dihasilkan dari regresi linear berganda ini yaitu [7]:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \quad (3)$$

Keterangan:

- Y = jumlah produksi (ton)

- X₁ = delay time (jam)
- X₂ = idle time (jam)
- a = nilai koefisien dengan asumsi nilai Y jika X₁ dan X₂ = 0
- b₁ = nilai koefisien X₁ yang mempengaruhi nilai Y
- b₂ = nilai koefisien X₂ yang mempengaruhi nilai Y
- / + menunjukkan arah hubungan Y dengan X₁ atau X₂

a. Uji Korelasi dan Koefisien Determinasi

Nilai koefisien determinasi (R²) untuk menerangkan jumlah persentase pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikatnya. R² juga menentukan kekuatan hubungan antar variabel bebas dan terikatnya.

Menurut Riduwan (2012), R² dihitung dengan rumus sebagai berikut [8]:

$$R^2 = \frac{b_1 \sum x_1 y + b_2 \sum x_2 y}{\sum y^2} \quad (4)$$

Setelah nilai R² didapatkan, maka dapat dihitung nilai dari R atau koefisien korelasi. Koefisien korelasi menerangkan kuat atau lemahnya hubungan antar variabel bebas dan variabel terikatnya. Rumusnya yaitu:

$$R = \sqrt{R^2} \quad (5)$$

Colton dalam Afrinal dan Mulya (2018) menyebut kuat atau lemahnya hubungan variabel bebas dan variabel terikat dikelompokkan menjadi empat di antaranya [1]:

- Hubungan Lemah, apabila R = 0 – 0,25
- Hubungan Sedang, apabila R = 0,26 – 0,50
- Hubungan Kuat, apabila R = 0,51 – 0,75
- Hubungan Sangat Kuat, apabila R = 0,76 – 1

b. Uji F

Dalam Pardede dan Manurung (2014), uji F digunakan dalam peengujian untuk mengetahui pengaruh secara bersamaan antara variabel bebas terhadap variabel terikatnya (Y) [9]. Uji ini dilakukan dengan membandingkan tingkat signifikansi dari F_{hitung} dan F_{tabel}. Apabila F_{hitung} > F_{tabel} maka persamaan regresi yang dirumuskan sudah sesuai (tepat).

- Menentukan F_{hitung}

Tabel 2. Perhitungan F_{hitung}

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F _{hitung}
Regression/ Model	$\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2$	k-1	$\frac{SSR}{df\ SSR}$	$\frac{MSR}{MSE}$
Residual/ Error	$\sum (Y_i - \hat{Y})^2$	n-k	$\frac{SSE}{df\ SSE}$	
Total	SSR+SSE			

- Menentukan F_{tabel}
F_{tabel} = f (k;n- k), nilainya dapat dilihat pada tabel distribusi F.

• Kesimpulan

Kesimpulan dapat diambil apabila:

- Apabila F_{hitung} > F_{tabel}, maka hipotesis ditolak kesimpulannya persamaan tidak linier
- Apabila F_{hitung} < F_{tabel}, maka hipotesis diterima kesimpulannya persamaan linier

c. Uji Parsial (t)

Dalam Pardede dan Manurung (2014), uji t berfungsi untuk menerangkan pengaruh masing-masing variabel bebas (X₁, X₂, .. X_n) terhadap variabel terikatnya [9]. Pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat ini bisa diketahui ada tidaknya dengan mengacu pada tingkat signifikansi 5% (0,05).

Untuk melakukan uji t terlebih dahulu dilakukan perhitungan ragam pada koefisien model regresi sebagai berikut:

Estimate of variance of u

$$\delta\mu = \frac{SSE}{n-k} \quad (6)$$

Ragam (b₁)

$$\hat{b}_1 = \delta\mu^2 \frac{\sum x_2^2}{\sum x_1^2 \sum x_2^2 - (\sum x_1 x_2)^2} \quad (7)$$

Ragam (b₂)

$$\hat{b}_2 = \delta\mu^2 \frac{\sum x_1^2}{\sum x_1^2 \sum x_2^2 - (\sum x_1 x_2)^2} \quad (8)$$

Ragam (b₀) atau a

$$\hat{b}_0 = \delta\mu^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{x_1^2 \sum x_2^2 + x_2^2 \sum x_1^2 - 2x_1 x_2 \sum x_1 x_2}{\sum x_1^2 \sum x_2^2 - (\sum x_1 x_2)^2} \right] \quad (9)$$

Standar Error

$$s\hat{b}_1 = \sqrt{\text{Ragam } \hat{b}_1} \quad (10)$$

t_{hitung}

$$t_{hitung} (\hat{b}_1) = \frac{\hat{b}_1}{s\hat{b}_1} \quad (11)$$

Kesimpulan

Kesimpulan dapat diambil apabila:

- Apabila t_{hitung} > t_{tabel}, maka hipotesis ditolak artinya ada pengaruh dari variabel bebas (X₁ atau X₂) terhadap variabel terikatnya
- Apabila t_{hitung} < t_{tabel}, maka hipotesis diterima artinya tidak ada pengaruh dari variabel bebas (X₁ atau X₂) terhadap variabel terikatnya

Menghitung Jumlah Produksi Loading Hauling dengan Metode OEE

Dalam Jul Sosantri dan Dedi (2018) perhitungan optimalisasi produksi dengan metode Overall Equipment

Effectiveness (OEE) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [10]:

$$O = Opc \frac{TT \times 3600}{CTp} \text{ OEE} \quad (12)$$

Keterangan:

- O = Output Produksi
- Opc = Plan Kapasitas Bucket
- TT = Total Calender Time
- CTp = Cycle Time Plan

Untuk nilai OEE pada rumus di atas dapat diperoleh dari rumus di bawah ini:

$$\text{OEE} = A \cdot U \cdot S \cdot B \quad (13)$$

Keterangan:

- A = Availability Factor
- U = Utilization Factor
- S = Speed Factor
- B = Bucket Factor

Untuk menghitung nilai dari A (availability factor), nilai U (utilization factor), nilai S (speed factor) dan nilai B (bucket factor) dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{AT}{TT} \quad (14)$$

Keterangan:

- AT = Jumlah waktu kerja rencana/tersedia
- TT = Julah Waktu tersedia menurut kalender

$$U = \frac{UT}{AT} \quad (15)$$

Keterangan:

UT = Waktu yang dimanfaatkan atau digunakan alat untuk operasional

$$S = \frac{CTp}{CTa} \quad (16)$$

Keterangan:

- CTp = Plan Cycle Time
- CTa = Actual Cycle Time

$$B = \frac{Oac}{Opc} \quad (17)$$

Keterangan:

- Oac = Kapasitas bucket aktual
- Opc = Kapasitas bucket rencana

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produktivitas Loading Hauling Material

Berdasarkan perhitungan manual, didapatkan nilai cycle time, efisiensi kerja dan produktivitas alat muat dan alat angkut sebagai berikut: Setelah diketahui jam kerja efektif

alat, maka akan dihitung berapa nilai produktivitas masing-masing alat gali muat dan alat angkut sebagai berikut:

Tabel 3. Produktivitas Alat Gali Muat

Alat Muat	Cycle Time (menit)	Efisiensi (%)	Produktivitas (ton/jam)
Eksavator Caterpillar 6030BH	0,592	71,61	1.083,65
Eksavator Hitachi EX-2500-6	0,605	32,79	00486,00
Eksavator Komatsu PC-1800-6	0,530	13,74	00251,05
Loader Caterpillar	0,542	14,99	188,2868

Tabel 4. Produktivitas Alat Angkut

Alat Angkut	Cycle Time (menit)	Efisiensi (%)	Produktivitas (ton/jam)
Dump Truck Komatsu HD-785-7	23,46556	66,125	150,363
Dump Truck Caterpillar 777D 85 Ton	17,36484	28,33	057,468
Dump Truck Caterpillar 777D 100 Ton	19,58808	26,83	073,689

Menghitung Jumlah Produksi Loading Hauling dengan Metode OEE

Berdasarkan perhitungan nilai OEE akan didapatkan nilai optimalisasi produksi. Nilai OEE dan produksi alat angkut hasil perhitungan tertera pada tabel berikut:

Tabel 5. Hasil OEE dan Produksi

Unit	A	U	S	B	OEE	O (ton)
<i>Dump Truck Komatsu HD-785-7</i>						
DK 15	0,917	0,775	0,898	0,98	0,626	144.462,462
DK 16	0,414	0,732	0,984	0,98	0,292	52.466,9821
DK 18	0,917	0,733	0,893	0,98	0,588	130.686,004
DK 19	0,917	0,807	0,923	0,98	0,669	131.492,153
<i>Dump truck Caterpillar 777D</i>						

DC 07	0,591	0,444	0,946	0,976	0,243	57.549,3494
DC 08	0,621	0,413	0,923	0,976	0,234	53.382,0827
DC 09	0,680	0,423	0,874	0,976	0,246	57.239,5938
DC 10	0,503	0,407	0,942	0,976	0,183	51.960,7947

Berdasarkan jumlah produksi hasil optimalisasi, maka diperoleh total produksi 679.239,42 ton. Selain itu, jika ditambahkan dengan total produksi dari truk Scania dari PT UTSG akan diperoleh total produksi sebesar 992.099,42 ton.

Waktu Hambatan Limestone Crusher VI

Waktu hambatan pada *Limestone Crusher VI* dibagi menjadi waktu *delay* dan waktu *idle*. Pembagiannya dapat dilihat sebagai berikut.

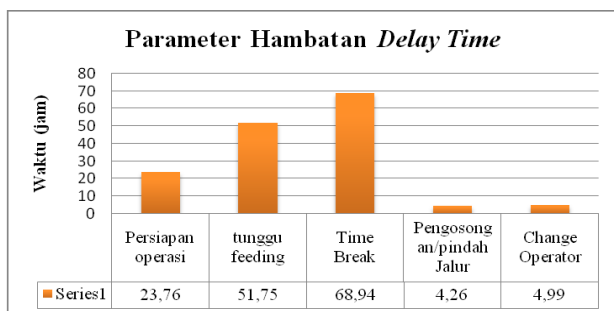
a. Parameter Hambatan *Delay Time* pada *Limestone Crusher VI*

Delay time merupakan waktu hambatan yang bisa dihindari atau dikurangi oleh manusia. Parameter waktu *delay* kerja pada *limestone crusher VI* tertera pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Parameter Waktu *Delay*

Status	Durasi <i>Delay</i> (jam)
Persiapan operasi	23,76
tunggu feeding	51,75
Time Break	68,94
Pengosongan/pindah Jalur	4,26
Change Operator	4,99
Total	153,7

Tabel 8 di atas jika dilihat dalam bentuk diagram maka akan terlihat seperti gambar 2 berikut:



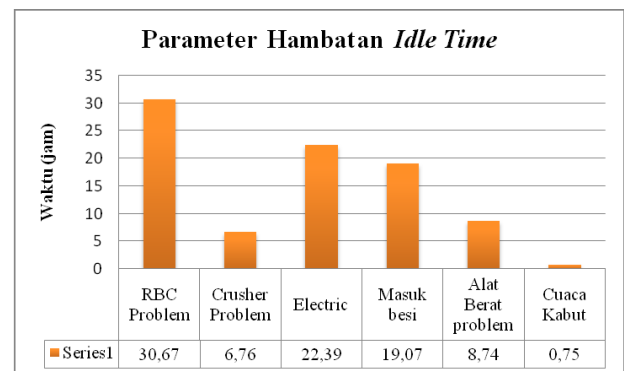
Gambar 2. Parameter Waktu *Delay*

b. Parameter Hambatan *Idle Time* pada *Limestone Crusher VI*

Idle time merupakan waktu hambatan yang tidak dapat dihindari dan atau diminimalisir. Parameter waktu *idle* kerja pada *limestone crusher VI* dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Parameter Waktu *Idle*

Status	Durasi <i>Idle</i> (jam)
RBC Problem	30,67
Crusher Problem	6,76
Electric	22,39
Masuk besi	19,07
Alat Berat problem	8,74
Cuaca Kabut	0,75
Total	88,38



Gambar 3. Parameter Waktu *Idle*

Analisis Linear Berganda Waktu Hambatan Terhadap Jumlah Produksi

a. Pemodelan Analisis Linear Berganda

Berdasarkan perhitungan regresi linear berganda (Lampiran) didapatkan persamaan model regresi sebagai berikut:

$$Y = 39654,54 - 1645,64 X_1 - 1517,85 X_2$$

- Y = jumlah produksi (ton)
- X₁ = *delay time* (jam)
- X₂ = *idle time* (jam)
- a = nilai koefisien dengan asumsi nilai Y jika X₁ dan X₂ = 0
- b₁ = nilai koefisien X₁ yang mempengaruhi nilai Y
- b₂ = nilai koefisien X₂ yang mempengaruhi nilai Y
- / + = menunjukkan arah hubungan Y dengan X₁ atau X₂

Koefisien dari persamaan tersebut dapat diartikan sebagai berikut:

1) $a = 39.654,54$

Nilai koefisien a bernilai positif maksudnya tidak nilai produksi pada *limestone crusher* VI adalah 39.654,54 satuan apabila waktu *idle* dan *delay* bernilai 0 (nol) atau tidak memiliki pengaruh.

2) $b_1 = -1.645,64$

Nilai koefisien b_1 bernilai negatif (-) menunjukkan arah hubungan yang berbanding terbalik antara jumlah produksi dan waktu *delay*. Maka apabila ada penambahan pada waktu *delay* produksi diperkirakan akan berkurang setiap satu satuannya sebesar 1.645,64 satuan. Hal ini juga berlaku untuk keadaan sebaliknya dengan asumsi X_2 tetap.

3) $b_2 = -1.517,85$

Nilai koefisien b_2 bernilai negatif (-) menunjukkan arah hubungan yang berbanding terbalik antara jumlah produksi dan waktu *idle*. Maka apabila ada penambahan pada waktu *idle* produksi diperkirakan akan berkurang setiap satu satuannya sebesar 1.517,85 satuan. Hal ini juga berlaku untuk keadaan sebaliknya dengan asumsi X_1 tetap.

b. Pengujian Hipotesis

Analisis yang akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh parameter hambatan terhadap produksi *crusher* berdasarkan persamaan linear berganda dan hasil dari perhitungan R^2 dan R dengan rumus koefisien determinasi dan rumus korelasi. Diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) 0,864, apabila dalam bentuk persen diperoleh pengaruh waktu *idle* dan *delay* terhadap produksi batu kapur di *limestone crusher* VI sebesar 86,4%. Sedangkan 13,6% lainnya merupakan pengaruh dari luar persamaan regresi.

Setelah nilai R^2 didapatkan, maka dapat dihitung nilai dari R atau koefisien korelasi dari rumus perhitungan R maka nilai koefisien korelasi (R) yang didapat adalah 0,93. Artinya, variabel bebas atau waktu *delay* dan waktu *idle* memiliki pengaruh yang kuat terhadap besar kecilnya jumlah produksi pada *limestone crusher* VI.

Berdasarkan tabel Anova didapatkan nilai F hitung adalah 88,953 (tabel 8). Selanjutnya untuk mengetahui nilai F_{tabel} dengan merujuk pada tabel yaitu, $F_{tabel} = (\text{jumlah variabel; jumlah sampel} - \text{jumlah variabel})$; $F_{tabel} = (2;28)$; $F_{tabel} = 3,34$. Nilai tersebut diperoleh dengan melihat tabel distribusi F dengan tingkat kesalahan 5%.

Tabel 8. Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Regression/ Model	133063966,7	2	66531983,33	88,953
Residual/ Error	20942534,5	28	747947,6606	
Total	154006501,2	30		

Maka nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, yaitu $88,953 > 3,34$ artinya persamaan regresi yang diperoleh tepat karena variabel bebas berpengaruh secara serentak. Dapat disimpulkan bahwa variabel waktu *delay* dan waktu *idle* secara bersama-sama berpengaruh terhadap jumlah produksi. Selanjutnya dilakukan uji t untuk mengetahui pengaruh secara parsial variabel waktu *delay* (X_1) dan waktu *idle* (X_2) terhadap variabel terikat yaitu jumlah produksi (Y).

- Estimate of variance of u

$$\delta\mu = \frac{\sum e_i^2}{n-k} = \frac{SSE}{n-k}$$

$$\delta\mu = \frac{20942534,5}{31-3} = 747947,6606$$

- Ragam (\hat{b}_1)

$$\hat{b}_1 = \delta\mu^2 \frac{\sum x_2^2}{\sum x_1^2 \sum x_2^2 - (\sum x_1 x_2)^2}$$

$$\hat{b}_1 = 747947,6606 \frac{297,2522}{234642,5636 - 184158,8223} = 4403,974063$$

- Ragam (\hat{b}_2)

$$\hat{b}_2 = \delta\mu^2 \frac{\sum x_1^2}{\sum x_1^2 \sum x_2^2 - (\sum x_1 x_2)^2}$$

$$\hat{b}_2 = 747947,6606 \frac{789,372}{234642,5636 - 184158,8223} = 11695,03141$$

- Ragam (\hat{b}_0) atau \hat{a}

$$\hat{b}_0 = \delta\mu^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{x_1^2 \sum x_2^2 + x_2^2 \sum x_1^2 - 2x_1 x_2 \sum x_1 x_2}{\sum x_1^2 \sum x_2^2 - (\sum x_1 x_2)^2} \right]$$

$$\hat{b}_0 = 747947,6606 \left[\frac{1}{31} + \frac{x_1^2 \sum x_2^2 + x_2^2 \sum x_1^2 - 2x_1 x_2 \sum x_1 x_2}{234642,5636 - 184158,8223} \right]$$

$$\hat{b}_0 = 47702,6786$$

- Standar Error

$$s\hat{b}_1 = \sqrt{\text{Ragam } \hat{b}_1} = 66,36244468$$

$$s\hat{b}_2 = \sqrt{\text{Ragam } \hat{b}_2} = 108,1435685$$

$$s\hat{b}_0 = \sqrt{\text{Ragam } \hat{b}_0} = 218,4094289$$

- t hitung

$$t_{hitung}(\hat{b}_1) = \frac{\hat{b}_1}{s\hat{b}_1} = -24,79776036$$

$$t_{hitung}(\hat{b}_2) = \frac{\hat{b}_2}{s\hat{b}_2} = -14,03550873$$

$$t_{hitung}(\hat{b}_0) = \frac{\hat{b}_0}{s\hat{b}_0} = 181,5605682$$

Tabel 9. Hasil Uji t

Model	Koefisien B	Ragam	Std. Error	t hitung
Jumlah Produksi	39.654,54	47702,68	218,41	181,561
Waktu Delay	-1.645,64	4403,974	66,362	-24,798
Waktu Idle	-1.517,85	11695,031	108,144	-14,036

Dengan mengamati tabel di atas pada kolom t_{hitung} dapat dijelaskan sebagai berikut:

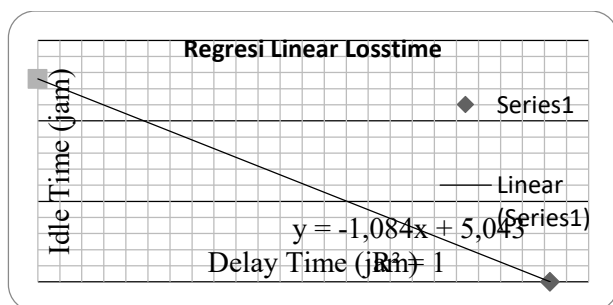
- Pengaruh waktu delay terhadap jumlah produksi
 Nilai $t_{tabel} = (signifikansi/2; \text{jumlah sampel-jumlah variabel-1}) = t(0,05/2; 31-2-1) = (0,025; 28) = 2,04841$ berdasarkan tabel distribusi t pada lampiran. Berarti $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($24,798 > 2,04841$), H_0 (hipotesis nol; dengan asumsi b_1 dan $b_2=0$) ditolak artinya waktu delay memiliki pengaruh terhadap jumlah produksi secara signifikan.
- Pengaruh waktu idle terhadap jumlah produksi
 Nilai $t_{tabel} = (signifikansi/2; \text{jumlah sampel-jumlah variabel-1}) = t(0,05/2; 31-2-1) = (0,025; 28) = 2,04841$ berdasarkan tabel distribusi t pada lampiran. Berarti $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($14,036 > 2,04841$), H_0 ditolak artinya ada pengaruh signifikan terhadap waktu delay pada jumlah produksi.

c. Waktu Optimal Losstime

Dari persamaan regresi linear berganda yang telah didapatkan, maka dapat dihitung waktu optimal dari waktu hambatan yaitu waktu delay dan waktu idle dalam memenuhi target produksi harian limestone yaitu 32.000 ton pada tabel 10 berikut:

Tabel 10. Nilai Losstime Maksimal

Delay Time (X_1) maksimum	4,651 Jam	Jika X_2 (idle time)=0
Idle Time (X_2) maksimum	5,043 Jam	Jika X_1 (delay time)=0



Gambar 4. Grafik regresi linear parameter losstime maksimum

Dari grafik regresi linear losstime tersebut dapat ditentukan persamaan garis lurus dengan nilai $m=-1,0843$ (gambar 4). Berdasarkan persamaan garis lurus dapat dibentuk persamaan baru untuk mensimulasikan waktu maksimum losstime dalam memenuhi target produksi batu kapur PT Semen Padang pada limestone crusher VI sebagai berikut:

$$X_2 = -1,0843 X_1 + 5,043$$

d. Simulasi Waktu Optimal Losstime

Dalam menentukan waktu yang optimal dari losstime untuk memenuhi produksi limestone didasarkan pada perbandingan data aktual dan hasil simulasi. Dimana data rata-rata losstime sebagai data yang mewakili data harian dari losstime yang terjadi di Limestone Crusher VI PT. Semen Padang dalam mencapai rencana target produksi tertera pada Tabel 11 berikut:

Tabel 11. Jumlah dan Rata-rata Waktu Hambatan

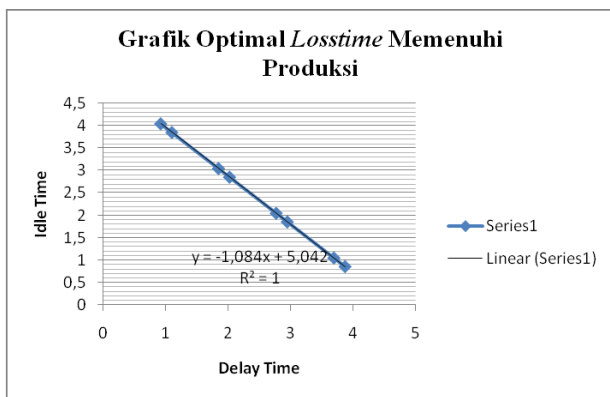
Masalah di LSC VI	Jumlahwaktu/bulan (jam)	Waktu rata-rata/hari (jam)
Delay Time		
Persiapan Operasi	23,76	0,77
Tunggu Feeding	51,75	1,67
Waktu Istirahat	68,94	2,22
Pengosongan Jalur	4,26	0,14
Ganti Operator	4,99	0,16
Total		4,96
Idle Time		
RBC Problem	30,67	0,99
Crusher Problem	6,76	0,22
Electric	22,39	0,72
Masuk Besi	19,07	0,62
Alat Berat Problem	8,74	0,28
Cuaca Kabut	0,75	0,02
Total		2,85

Dengan menggunakan persamaan $X_2 = -1,0843 X_1 + 5,043$, maka akan diperoleh nilai waktu optimal untuk mencapai target produksi limestone pada Limestone Crusher VI. Pembagian waktu delay seperti persiapan operasi, time break, pengosongan /pindah jalur, change operator, dan tunggu feeding berdasarkan pasangan data waktu hambatan harian di atas dapat ditentukan dengan menghitung persentase rata-rata dari masing-masing parameter waktu hambatan aktual, kemudian mensimulasikannya terhadap nilai waktu hambatan optimal.

Sehingga dapat diperoleh rekomendasi dari masing-masing parameter. Waktu optimum yang didapatkan dari persamaan regresi linear berganda antara jumlah produksi dan waktu hambatannya maka diperoleh dari delay time yaitu 2,02 jam (Tabel 12).

Tabel 12. Hasil Simulasi Waktu Hambatan

Data Aktual (jam)		Hasil Simulasi	
WaktuDelay (jam)(X ₁)	Waktu Idle (jam) (X ₂)	WaktuDelay (jam) (X ₁)	Waktu Idle (jam) (X ₂)
4,96	2,85	0,922	4,043
		1,100	3,850
		1,845	3,043
		2,022	2,850
		2,767	2,043
		2,945	1,850
		3,689	1,043
		3,867	0,850
		4,611	0,043

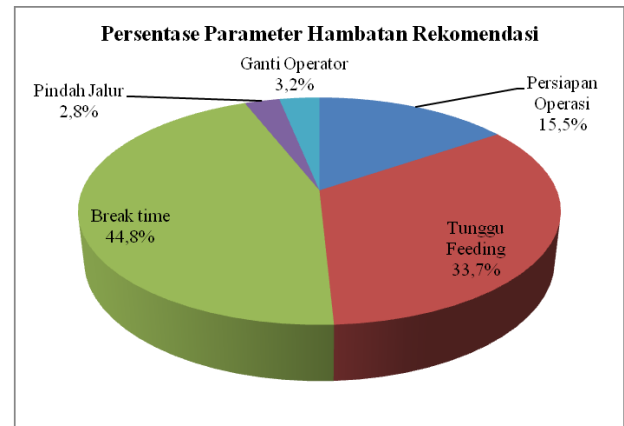


Gambar 5. Grafik Hasil Simulasi *Losstime*

Waktu optimum yang didapatkan dari persamaan regresi linear berganda antara jumlah produksi dan waktu hambatannya maka diperoleh dari *delay time* yaitu 2,02 jam. Waktu *delay* diambil sebagai waktu yang dapat dihindari oleh manusia. Persentase parameter waktu *delay* dan rekomendasinya untuk meningkatkan produksi di rencana target sesuai pada tabel 13 berikut:

Tabel 13. Rekomendasi Waktu Hambatan

Delay time	Rata-rata aktual(jam)	Persentase (%)	Rekomendasi (reduce)
Persiapan Operasi	0,77	15,5	0,313
Tunggu Feeding	1,67	33,7	0,681
Waktu Istirahat	2,22	44,8	0,905
Pindah Jalur	0,14	2,8	0,056
Ganti Operator	0,16	3,2	0,065



Gambar 6. Chart Persentase Rekomendasi Waktu Hambatan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan, analisis serta pembahasan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk memenuhi produksi pada *Limestone Crusher VI* maka, dilakukan optimalisasi produksi pada *loading hauling* dengan metode OEE diperoleh peningkatan jumlah umpan dari 842.200 ton menjadi 992.099,42 ton.
2. Parameter waktu hambatan yang terjadi pada *limestone crusher VI* dibagi menjadi dua kelompok yaitu waktu *delay* dan waktu *idle*. Waktu *delay* adalah persiapan operasi, waktu tunggu *feeding*, *time break*, pindah jalur, ganti operator, sedangkan waktu *idle* yaitu, problem pada *belt conveyor*, *crusher problem*, masalah elektrik, masuk besi, kerusakan alat berat, dan cuaca kabut.
3. Dari pengelompokkan waktu hambatan dilakukan analisis regresi linear berganda maka didapatkan persamaan $Y = 39654,54 - 1645,64 X_1 - 1517,85 X_2$ didapatkan waktu *losstime* maksimum harian dengan *delay time* sebanyak 4,651 jam dan waktu *idle* 5,043 jam.
4. Rekomendasi waktu *delay* harian yaitu, 0,313 jam persiapan operasi, 0,681 jam waktu tunggu *feeding*, 0,905 jam waktu istirahat, 0,056 jam pindah jalur atau pengosongan jalur, dan 0,065 jam waktu ganti operator.
5. Waktu optimal *losstime* yang didapatkan dari hasil simulasi waktu hambatan yaitu, waktu *delay* 4,96 jam dan waktu *idle* 2,85 jam.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Afrinal dan Mulya Gusman. (2018). *Analisis Regresi Multivariat Parameter Hambatan Produktivitas Crushing Plant Dalam Upaya Peningkatan Target Produksi Tambang Ems PT J Resources Bolaang Mongondow Site Bakan Sulawesi Utara*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik: Universitas Negeri Padang.



- [2] Maharani, Ersila dan Adree Octova. (2019). *Optimalisasi Pengumpanan Crusher Dan Analisis Regresi Multivariat Terhadap Waktu Kerja Untuk Meminimalisir Loss Time Agar Tercapai Target Produksi 300.000 Ton/Bulan Pada Penambangan Batu Granit Di PT. Trimegah Perkasa Utama*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik: Universitas Negeri Padang.
- [3] Pinda Sari, Rukia, Murad MS dan Adree Octova. (2018). *Analisis Statistik Untuk Mendapatkan Waktu Optimal Dari Loss Time Dalam Memenuhi Produksi Penambangan Batubara Di Area Pit Timur PT. Artamulia Tatapratama*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik: Universitas Negeri Padang.
- [4] Mkhatswa, S.V. (2009). *Optimization of The Loading and Hauling Fleet at Mamatwa Open Pit Mine*. Southern African Institute of Mining and Metallurgy.
- [5] Danim, Sudarwan. (2002). *Menjadi Peneliti Kualitatif*. Bandung : CV. Pustaka Setia.
- [6] Kadir, Effendi. (2008). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Universitas Sriwijaya: Fakultas Teknik.
- [7] Hasan, Iqbal. (2003). *Pokok-pokok Materi Statistik 2(Statistik Interferensif)*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [8] Riduwan. (2012). *Pengantar Statistika Sosial*. Bandung: Alfabeta.
- [9] Pardede, R., dan Manurung, R. (2014). *Analisis Jalur/Path Analisis Teori dan Aplikasi Dalam Riset Bisnis (pertama)*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- [10] Jul Sosantri, Benti, Dedi Yulhendra dan Heri Prabowo. *Optimalisasi Pralatan Tambang Dengan Metoda Overall Equipment Effectiveness (Oee) Di Pit 1 Penambangan Batubara Banko Barat Pt Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan*. *Jurnal Bina Tambang*. Vol 3 No 2. 2 – 17. Juni 2018. ISSN : 2302-3333.