

Optimalisasi Biaya Produksi Menggunakan Metode *Linier Programming* Dalam Rangka Pengupasan *Overburden* di KUD Sinamar Sakato, Sinamar, Kabupaten Dharmasraya, Provinsi Sumatera Barat

M. Sahrudin^{1*}, Rudy Anarta^{1**}, Adree Octova^{1***}, Admizal Nazki^{2****}

¹Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

²Direktorat Teknik dan Lingkungan Mineral dan Batubara-KESDM

*muhammadsahrudin64@gmail.com

**rudi.anarta@ft.unp.ac.id

***adree@ft.unp.ac.id

****admizalnazki04@gmail.com

Abstract. *The problem faced by KUD Sinamar Sakato at this time is the occurrence of Sliding Back Filling material in July 2021 from PIT 1 IUP PT SLN which borders KUD Sinamar Sakato. Then in July 2022, Fleet Loading Point Overburden Removal was added which was originally 4 Fleet to 5 Fleet, of which 3 Fleet only focuses on the sliding material back filling area which is still happening today. Which is where the remaining 2 Fleet focuses on the Front Loading Coal area, and also not achieving the overburden production target in the Pit Pyramid in June-July 2022 of 150,000 BCM while the actual is 141,500 BCM/month. This research was conducted to calculate and analyze the optimal number of digging and loading equipment according to the production target and to get the minimum loading and hauling costs. The optimization method used is the match factor method and the linear programming method using POM Software for Windows, Lingo. and manual calculations using the simplex method. Based on calculations using POM for Windows software, lingo and Linear Programming Simplex Method, it is obtained that the number of dump trucks planned is 12 units, which previously was 15 units. then the optimal production obtained for stripping overburden material is 156.459 BCM/month from 150,000 BCM/hour with a production cost of 0.85 USD/BCM from 1.11 USD/BCM.*

Keywords: *linear programming, lingo, simplex method, production cost*

1. Pendahuluan

Dalam kegiatan pengupasan serta pengangkutan *overburden* di pit Piramida KUD Sinamar Sakato dalam 1 *fleet* mengoperasikan 1 unit *excavator back hoe* melayani 3 hingga 5 *dump truck*. Dengan memiliki target produksi yang konstan setiap bulannya sebesar 150.000 BCM/bulan untuk memproduksi *overburden* yang harus dapat di penuhi sesuai target oleh KUD Sinamar Sakato, akan tetapi pada bulan Juni 2022, realisasi produksi *overburden* tidak mencapai target yaitu sebesar 141.500 BCM/bulan yakni yang tercapai 89% dari target yang ditetapkan oleh perusahaan. Tidak tercapainya target produksi *overburden* tersebut dikarenakan belum optimalnya produktivitas antara alat berat *excavator* dan juga *dump truck*. Pada kegiatan pengupasan dan pengangkutan *overburden* sering terjadi waktu tunggu adump truck sehingga terjadi ketidakserasian kerja antara alat gali muat dan juga alat angkut.

Adapun Masalah yang dihadapi saat ini adalah adanya kejadian *Sliding material Back Filling* pada Bulan Juli 2021 dari PIT 1 IUP PT SLN yang berbatasan dengan KUD Sinamar Sakato, sehingga Batubara *Seam 3* yang sudah *terexpose* tertimbun kembali oleh material *sliding*

tersebut, karena kejadian ini untuk percepatan produksi *Overburden Removal* khususnya areal *exposan Seam 3* yang tertimbun sudah menjadi material *reHandling*. Kemudian pada Bulan Juli 2022 di tambahlah *Fleet Loading Point Overburden Removal* yang semula 4 *Fleet* menjadi 5 *Fleet*, yang di mana 3 *Fleet* ini hanya berfokus pada area *sliding material back filling* yang masih terjadi sampai sekarang. Yang dimana 2 *Fleet* sisanya berfokus pada area *Front Loading* Batubara.

Maka dari itu diperlukan mengkaji kebutuhan alat angkut yang dibutuhkan dalam menganalisis optimasi alat muat dan juga alat angkut baik menyangkut aspek teknis maupun ekonomis bagi perusahaan. Dimana penggunaan alat angkut dalam pencapaian target produksi perlu dioptimalkan dengan biaya produksi yang dioptimalkan juga. Dalam menyelesaikan optimalisasi produksi dan biaya diperlukan metode yang mendukung dalam mengoptimalkan kebutuhan alat angkut. *Linier Programing* Metode Simpleks merupakan metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan dalam optimalisasi produksi dan biaya produksi. Dengan adanya metode simpleks dalam menyelesaikan permasalahan optimalisasi untuk mendapatkan kebutuhan alat angkut yang digunakan oleh perusahaan dan dapat mengoptimalkan biaya produksi.



Gambar 1. Keadaan Pit Pada Bulan November 2021



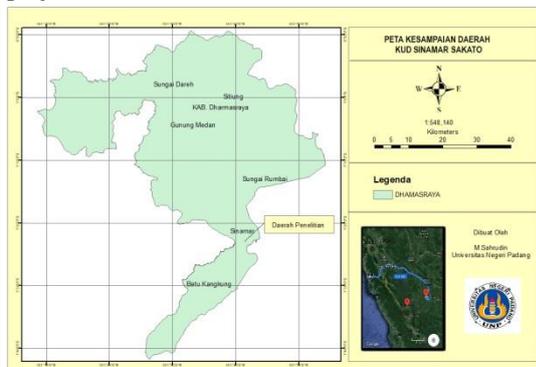
Gambar 2. Kondisi Pit Pada Bulan Juni-juli 2022

2. Kajian Pustaka

2.1 Lokasi Kesempaan Daerah

KUD Sinamar Sakato secara administratif terletak di Sinamar, Kabupaten Dhamasraya, Provinsi Sumatera Barat. Berjarak + 220 Km ujung Selatan dari Kota Padang. Secara geografis IUP KUD Sinamar Sakato dibatasi garis koordinat 101°41'45" – 101°42'20" BT dan 001°21'51" – 001°23'00" LS

KUD Sinamar Sakato dapat ditempuh dari Kota Padang melalui jalur darat menuju Kecamatan Sungai Rumbai yang berjarak 220 Km dengan kondisi permukaan jalan aspal dan merupakan bagian dari ruas jalan lintas Sumatera dengan waktu tempuh selama 5-6 jam perjalanan.



Gambar 3. Peta Kesempaan Daerah

Dari Kecamatan Sungai Rumbai dilanjutkan menuju Jorong Sinamar Desa Sinamar yang berjarak kurang lebih 20 Km dengan permukaan jalan tanah pengerasan dengan waktu tempuh selama 1 jam perjalanan, akan tetapi karena

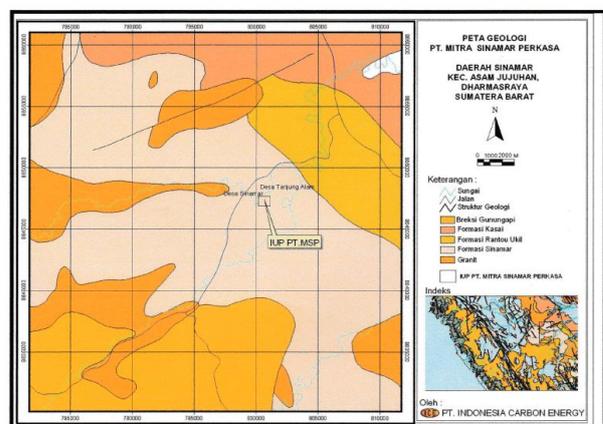
permukaan jalan berupa tanah pengerasan maka kendaraan yang paling baik adalah dengan mobil.

2.2 Geologi Dan Morfologi Daerah Penelitian

2.2.1 Keadaan Geologi.

Secara regional, kondisi geologi daerah penelitian terletak di bagian timur laut lempeng Painan dan Siberut Sumatera, dan di daerah Rantau Ikil terdapat Formasi Sinamar Oligosen dengan ketebalan mencapai 750 meter. Formasi Sinamar (Tos) tersusun oleh batupasir, berwarna abu-abu sampai abu-abu muda, berbutir halus sampai sedang, bersudut dan lepas. Mudstone berwarna abu-abu sampai abu-abu kemerahan kecoklatan, agak kasar dan lunak. Batulanau, abu-abu sampai abu-abu kehijauan, kompak. Arang berwarna hitam matte hingga hitam mengkilap, kemilau matte, cukup keras dan resin setebal 15 cm. Hal ini juga diperkuat dengan keberadaan lapisan konglomerat, batulumpur, batupasir dan batubara di daerah tempat penelitian. Formasi Sinamar merupakan endapan tanah di lingkungan lahan basah (wetland).

Diatas terdapat Formasi Rantau Ikil (Tmr) yang terdiri dari endapan batu gamping hijau berkapur, marmer dan batu gamping bertingkat yang menjadi ciri keliling danau. Kedua formasi tersebut tertutup secara tidak merata oleh endapan vulkanik Kuartar yang berasal dari Pegunungan Balisan di sebelah barat akibat aktivitas magmatik. Beberapa penelitian sebelumnya menyatakan bahwa Formasi Sinamar diendapkan dalam keadaan transisi dimana lapisan bagian bawah merupakan lingkungan terestrial yang terendapkan Oligosen akhir dan lapisan bagian atas berada pada lingkungan laut Miosen akhir. Endapan vulkanik terdistribusi secara heterogen di daerah penelitian dan terdiri dari breksi lava, aglomerat dan konglomerat. Breksi, hitam, keras, batuan dasar pasir tuf kasar, pecahan batuan beku andesit keabu-abuan.



Gambar 4. Peta Geologi Sinamar dan Bungo

2.2.2 Morfologi dan Stratigrafi

Pada lokasi penelitian penulis adanya endapan permukaan Aluvium (Qal), Formasi Rantau Ikil (Tmr), Formasi Sinamar (Tos), endapan batuan gunung api yang tak terpisahkan (Qyu) dan endapan batuan intrusi Granit.

1) Endapan Aluvium (Qal)

Endapan Alluvium terbentuk oleh pelapukan batuan (tanah) yang tersusun dari lempung, lumpur, pasir dan kerikil. Endapan aluvial ini banyak ditemukan di daerah dataran rendah, terutama berupa bantaran Sungai Batanghari..

2) Formasi Rantau Ikil (Tmr)

Berupa lensa tipis batupasir lempung, batupasir tuf, batupasir berkapur, batulempung berpasir, batulempung tuf, maar, endapan batubara, batugamping. Formasi ini berumur Te sampai Tf (Oligosen Akhir sampai Miosen Awal). Ketebalan lapisan ini setidaknya 1000 meter.

3) Formasi Sinamar (Tos)

Terdiri dari konglomerat, pasir kuarsa berbutir kasar, batupasir kuarsa mika, batupasir Arkos, batulumpur, napal, batulumpur pasir, lapisan batubara dan batugamping koral. Penyusun konglomerat adalah kuarsit, kuarsa opalescent, dan pecahan granit. Tanah liat, batu tulis, dan napal menjadi lebih tebal di ketinggian yang lebih tinggi. Oligosen dengan ketebalan ±750m..

4) Batuan gunung api

Tak terbagi (Qyu) terdiri dari breksi vulkanik, lava, tufa, dan breksi tuf, serta tersusun dari basalt hingga andesit. Batuan ini berasal dari Gunung Kerinci dan Gunung Tujuh..

5) Formasi Granit (Jgr)

Komposisi berkisar dari amphibole-granit-biotit hingga granodiorit, dengan mineral mafik berbintik, jenis plagioklas dan oligoklas, amfibol terklorinasi, dan apatit terlokalisasi. Tersedia dalam format stok. Gamadiolit lebih muda dari Paleozoikum, tetapi lebih tua dari Formasi Tabir (Jt), yang diperkirakan berasal dari Jura Bawah.

UMUR	FORMASI	Batuan Vulkanik	PEMERIAN LITOLOGI
RESENT	ALUVIUM	Qyu	Aluvium Pasir, kerikil, kerakal, Lumpur Batuan Vulkanik Breksi Gn Api, breksi tufa, tufa
PLISTOSEN	KASAI (Qtk)		Tufa batupung, puhn, lunak danmudak hancur, Batupasir nufan, puhn kemerahan, halus sedang, kompak, banyak mineral kuarsa.
PLIOSEN			
MIOSEN	RANTAUKIL (Tmr)		Batulempung, batupasir nufan, batupasir gampingan, napal dan lensa tipis batugamping
OLIGOSEN	SINAMAR (Tos)		Batupasir konglomeratan, batulempung hitam, batupasir kerikilan, serpih dan batubara
EOSEN			
PALEOSEN			
KAPUR			
JURA		GRANIT (Jgr)	Granit, abu-abu terang, berbintik mineral mafik, plagioklas, dan oligoklas.

Gambar 5. Stratigrafi Regional Sinamar

2.3 Biaya Produksi

Operating cost merupakan biaya yang dikeluarkan oleh penggunaan alat berat Ada 6 hal yang harus diperhitungkan dalam operating cost ini, yakni :

a. Bahan Bakar (Fuel)

Biaya bahan bakar merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk mengoperasikan alat berat. Berbagai jenis alat berat memiliki konsumsi bahan bakar yang berbeda.

$$\text{Ongkos BBM} = \text{Harga Bahan Bakar Liter} \times \text{Waktu Lama Pemakaian} \dots (1)$$

Sumber: Tenriajeng A.T, 2003

b. Oil, Grase dan Filters

Setiap unit Baik itu perawatan jika terjadi kerusakan atau perawatan rutin setiap kali selesai digunakan, setiap peralatan yang dioperasikan memerlukan perawatan. Perawatan rutin biasanya mencakup penggantian oli, pelumasan gemuk, penggantian filter, dan item perawatan rutin lainnya. Tentunya jumlah oli yang dibutuhkan berbeda-beda tergantung unitnya.

$$\text{Biaya Oli} = \text{Kebutuhan per jam (kg)} \times \text{harga per kg} \dots (2)$$

$$\text{Biaya Filte r} = \frac{\text{Jumlah filter (unit)} \times \text{Harga Per Unit}}{\text{Interval penggantian filter (jam)}} \dots (3)$$

$$\text{Biaya Grease} = \text{Kebutuhan per jam (kg)} \times \text{harga per kg} \dots (4)$$

Sumber: Tenriajeng A.T, 2003

c. Ban (Tires)

Salah Salah satu komponen penting alat berat khususnya alat transportasi adalah komponen ban. Karena ban adalah tumpuan beban yang dibawanya. Masa pakai ban sendiri juga bisa dihitung dan disesuaikan dengan kondisi jalan saat berkendara.

$$\text{Biaya penggantian ban} = \frac{\text{Harga Ban (Rp)}}{\text{Umur (Jam)}} \dots (5)$$

Sumber: Tenriajeng A.T, 2003

d. Biaya Perbaikan (Repair Cost)

Selain perawatan rutin seperti penggantian oli, filter oli dan filter oli, kerusakan perangkat juga sering terjadi. Untuk itu, biaya perbaikan juga harus diperhatikan.

e. Special Items

Special Items merupakan bagian dari unit alat berat yang harus diganti bila sudah rusak, seperti teeth bucket, ripper point, dan shank pada grader.

f. Gaji Operator

Gaji operator menjadi salah satu pertimbangan dalam menghitung biaya pembuatan alat berat. Secara tradisional operator dibayar berdasarkan jam kerja, tetapi beberapa perusahaan menjadikan operator alat berat sebagai karyawan tetap, sehingga mereka dibayar gajinya.

$$\text{Biaya Operator/jam} = \frac{\text{Upah Operator perbulan (Rp)}}{\text{Jam Operasi Perbulan (Jam)}} \dots (6)$$

2.4 Linier Programming

Berdasarkan (Heizer & Render, 2006) Pemrograman Linier atau Pemrograman Linier menggunakan metode matematika yang digunakan untuk membantu dalam pemecahan masalah, keputusan perencanaan yang diperlukan bagi manajer operasi untuk mengalokasikan

sumber daya, dan Ini adalah teknik matematika yang banyak digunakan dan dikembangkan untuk membantu Anda melakukannya Ini kompleks dan rumit, seperti perencanaan dan alokasi faktor produksi yang terlibat dalam sistem produksi dan masalah produksi dan operasional lainnya. Pemrograman linier digunakan untuk membuat keputusan yang sering menghadapi alokasi optimal sumber daya yang langka dalam bentuk uang, bahan baku, kapasitas mesin, kualitas waktu, ruang, dan teknologi.

Tujuan utama dari program linier ini adalah untuk menemukan nilai optimal (maksimum/minimum) dari fungsi tujuan yang diberikan. Secara umum, ada dua jenis fungsi dalam model ini: fungsi tujuan dan fungsi kendala.

- a) Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan program linier untuk menentukan nilai optimal dari fungsi tersebut, yaitu nilai maksimum untuk masalah keuntungan dan nilai minimum untuk masalah biaya.
- b) Fungsi kendala adalah bentuk representasi matematis yang diperlukan mengingat sumber daya yang tersedia terbatas. B. Keterbatasan jumlah bahan baku, jam kerja, jumlah pekerja dan ruang penyimpanan untuk persediaan.

(Heizer & Render, 2006) mengemukakan bahwa fitur yang umum digunakan dalam masalah pemrograman linier adalah: Sifat ini disebut fungsi tujuan dari masalah program linier.

- a) Adanya kendala atau keterbatasan yang membatasi tingkat di mana tujuan dapat dicapai. Memaksimalkan atau meminimalkan satu set (fungsi tujuan) tergantung pada sejumlah sumber daya (batas).
- b) Ada beberapa alternatif yang bisa diambil. Misalnya, jika sebuah perusahaan memproduksi tiga produk yang berbeda, manajemen dapat menggunakan program linier untuk menentukan bagaimana mengalokasikan sumber daya yang terbatas (orang, mesin, dll.).
- c) Pemrograman harus dinyatakan dalam bentuk pertidaksamaan atau persamaan linier.

2.5 Metode Linier Programing

a. Metode Simpleks

Metode simpleks adalah metode yang biasa digunakan untuk menyelesaikan masalah program linier dimana kombinasi variabel terdiri dari tiga variabel atau lebih. Prosedur tersebut secara matematis dimulai dari satu solusi fisibel dasar ke solusi fisibel dasar lainnya dan dilakukan secara iteratif (berulang-ulang) untuk mencapai solusi optimal. Metode simpleks diperkenalkan oleh George B. Dantzig pada tahun 1947 dan disempurnakan oleh para ahli lainnya. Metode simpleks menyelesaikan secara iteratif, mengulangi langkah komputasi yang sama sampai solusi optimal ditemukan. Metode simpleks digunakan untuk menyelesaikan masalah optimisasi yang melibatkan tiga atau lebih variabel yang tidak dapat diselesaikan secara grafis. Metode simpleks merupakan pengembangan lebih lanjut dari metode graf. Metode grafis tidak dapat menyelesaikan masalah manajemen dengan variabel keputusan yang cukup besar, sehingga

penyelesaiannya memerlukan metode yang lebih kompleks dengan menggunakan metode simpleks.

Berikut merupakan bentuk umum dari persamaan *linear programming* (Siringoringo Hotniar,2005):

1) Fungsi Tujuan
 $Z=C_1X_1+C_2X_2+\dots+C_nX_n\dots\dots\dots(17)$

Keterangan:
 Z = nilai untuk dioptimalkan/minimalkan
 Cn = satuan dalam kegiatan n terhadap nilai Z
 Xn = kegiatan ke-n (variable yang diputusan)

2) Fungsi Kendala
 $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n =/≤/≥ b_1\dots\dots(18)$

$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n =/≤/≥ b_2\dots\dots(19)$

$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n =/≤/≥ b_m\dots\dots(20)$

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n ≥ 0$

Keterangan :
 x_1, x_2, x_3 = Variabel permasalahan
 a_{11}, a_{1n}, a_{mn} = Fungsi kendala/pembatas
 b_1, b_2, b_m = Jumlah nilai kanan

Tabel 1. Tabel Awal Simpleks

Var. Dasar	X ₁	X ₂	...	X _n	S ₁	S ₂	...	S _n	NK
Z	-C ₁	-C ₂	...	-C _n	0	0	0	0	0
S ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}	1	0	0	0	b ₁
S ₂	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}	0	1	0	0	b ₂
...
S _n	a _{m1}	a _{m2}	...	a _{mn}	1	b _m

Keterangan :
 Z = fungsi tujuan yang dicari untuk nilai optimum atau minimumnya

C_n = nilai koefisien dari tujuan variabel keputusan x_n

x_n = variabel keputusan ke-n

S_n = variabel slack ke-n

(mn) = kebutuhan sumber daya m untuk setiap x_n

b_m= jumlah sumber daya yang disediakan

n = banyaknya variabel keputusan mulai dari 1, 2, ... , n

m = banyaknya jenis sumber daya yang digunakan mulai dari 1, 2..m

2.6 Program POM for Windows Untuk Liniear Programming

Program Program POM untuk Windows adalah program komputer untuk memecahkan masalah kuantitatif dalam produksi dan operasi. Tampilan grafis yang menarik dan

kemudahan penggunaan menjadikan POM for Windows sebagai alternatif aplikasi pendukung keputusan untuk: B. Menentukan bauran produksi yang tepat untuk mencapai keuntungan yang maksimal. Menentukan pesanan produk untuk meminimalkan biaya pemeliharaan dan menugaskan karyawan ke tugas untuk mencapai hasil yang maksimal. Program linier cocok untuk digunakan dalam simulasi optimasi produksi yang memanfaatkan transportasi secara optimal. Hal ini biasanya tercermin dari produksi yang tepat sasaran dan biaya produksi yang efisien. Pemrograman linier sehingga dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam mengoptimalkan penggunaan transportasi, sehingga pemrograman linier dapat digunakan sebagai alternatif dalam menentukan jumlah pengangkutan yang optimal untuk mencapai target peningkatan produksi.

2.7 Program Lingo Untuk Linier Programming

Perangkat lunak Lingo adalah perangkat lunak yang sangat canggih yang dirancang untuk memecahkan masalah penelitian operasi lebih cepat, lebih mudah, dan lebih efisien, termasuk masalah pengoptimalan model linier dan nonlinier, kuadrat, kuadrat terbatas, stokastik, dan bilangan bulat. Perangkat lunak Lingo menawarkan paket yang terintegrasi penuh termasuk bahasa yang mudah dipahami untuk pengoptimalan model (Safari, 2020). Optimalisasi terdiri dari tiga bagian utama,

1. Fungsi tujuan adalah ekspresi yang menggambarkan apa yang dioptimalkan model. Misalnya, fungsi tujuan model adalah maksimalisasi keuntungan.
2. Variabel adalah suatu jumlah yang dapat diubah untuk mendapatkan hasil optimal dari fungsi tujuan.
3. Rumus limit didefinisikan sebagai limit variabel.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis penelitian kuantitatif. Menurut Arikunto (2013), penelitian kuantitatif adalah jenis penelitian yang memperoleh data, informasi dalam bentuk numerik, nilai dari proses pengumpulan data, interpretasi data, dan tampilan hasil akhir. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang dilakukan untuk menentukan nilai suatu variabel bebas, baik satu variabel atau lebih, tanpa perbandingan atau hubungan dengan variabel lain..

3.2 Teknik Pengumpulan data

Pengambilan data di lapangan digunakan untuk mengetahui permasalahan yang ada sehingga dapat dikaji dan memberikan solusi terbaik. Data yang diambil terdiri dari data primer dan data sekunder.

3.2.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil langsung oleh peneliti langsung di lapangan yaitu:

- Data *Cycle Time Excavator* dan *Dumpruck*
- Jumlah *Excavator* dan *Dumtruck*

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan salah satu data yang didapat berdasarkan dari literature, berbagai referensi, serta arsip-arsip laporan perusahaan, seperti:

- Peta IUP perusahaan
- Stratigrafi
- Jam kerja alat dan perusahaan
- Data curah hujan
- Rencana dan realisasi produksi pengupasan *overburden*

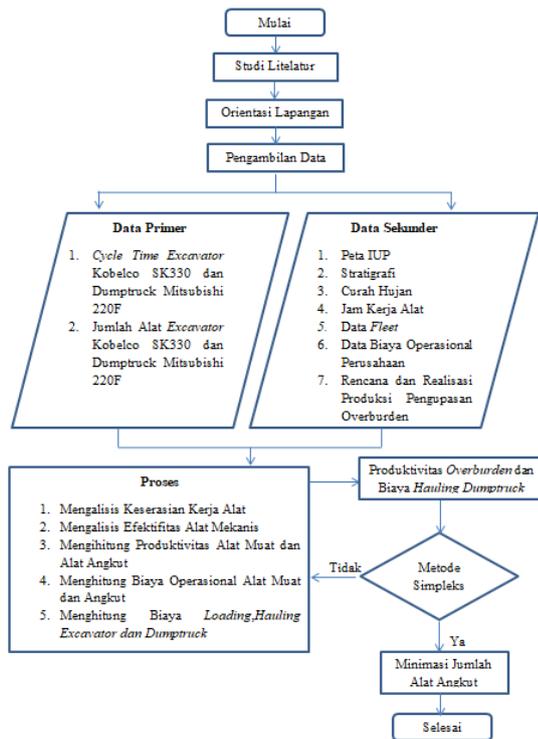
3.3 Teknik Pengolahan Data

Dari pengumpulan data yang dilakukan, baik data primer maupun data sekunder dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu pengolahan data. Tahapan pengolahan data dalam penelitian ini adalah

- 1) Menghitung keserasian kerja alat (*match factor*) yang bertujuan untuk mendapatkan hubungan kerja yang serasi antara alat muat dan alat angkut. Untuk menghitung keserasian kerja alat dengan data yang digunakan yaitu data *cycle time* dan jumlah alat muat dan alat angkut.
- 2) Menghitung efektivitas alat mekanis pada masing-masing alat dengan data yang digunakan yaitu data waktu kerja efektif, *repair* dan *standby* pada alat muat dan alat angkut.
- 3) Menghitung produktivitas alat muat dan alat angkut untuk produktivitas alat muat untuk produktivitas alat angkut. Data yang digunakan yaitu data *cycle time*, efisiensi kerja yang telah didapatkan dari perhitungan efektivitas mekanis.
- 4) Melakukan minimasi jumlah alat angkut yang digunakan dengan menggunakan metode yang sesuai, dimana metode yang digunakan pada penelitian ini.
- 5) Setelah mendapatkan jumlah alat angkut yang diperlukan dari perhitungan berdasarkan *Linear Programming*. Dilanjutkan dengan menghitung biaya produksi dengan menggunakan data produksi alat angkut, *hauling cost* dan *loading cost*.

3.4 Analisa Hasil

Hasil yang diperoleh dari simulasi perhitungan pada pengolahan data yang telah dilakukan berupa keserasian kerja alat, efektivitas alat mekanis, produktivitas alat muat dan alat angkut serta minimasi jumlah alat angkut dengan biaya produksi yang dikeluarkan.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Data Fleet

Berdasarkan material khususnya pada penanganan *sliding* material *overburden* dimuat oleh 3 unit *excavator* Kobelco SK330. Material tersebut kemudian diangkut oleh *dumptruck* dengan tipe Mitshubishi Fuso 220F. *Excavator* dan *dumptruck* merupakan alat tambang utama KUD Sinamar Sakato. Dalam 1 *Fleet*, 1 unit *excavator* melayani 3 hingga 5 *dumptruck* dengan *Productivity* 130 m²/jam dapat dilihat pada lampiran C. Untuk pengupasan *overburden dumptruck* yang tersedia sebanyak 15 unit.

Table 1. Data Fleet

Nama Excavator	Productivity	Jumlah Dumtruck	Jumlah Fleet
SK330 PMA 01	130 BCM/Jam	15	3
SK330 PMA 03	130 BCM/Jam		
SK330 RIM 35	130 BCM/Jam		

4.1.2 Jumlah Alat Muat dan Alat Angkut yang Bekerja di Lapangan

Dalam masa penelitian penulis, KUD Sinamar Sakato sedang memproduksi batubara yang terletak pada *Pit Piramida*. Di mana dalam 1 *Fleet* kegiatan terdapat 1 unit *excavator* sebagai alat gali dan 3 sampai 5 unit *dumptruck* sebagai alat gali angkut, yang bekerja menangani *sliding* material *overburden* sebanyak 3 *fleet* yang terdiri dari 15 *dumptruck*.

4.1.3 Jadwal Standby, Repair dan kerja Efektif Alat Gali dan Alat Angkut

Data jam *standby*, *repair* dan kerja efektif alat *Excavator* dan *Dumptruck* yang diperoleh penulis selama melakukan pengamatan di lapangan sebagai berikut :

Table 2. Data Jam Kerja Efektif Alat Muat Aktual

Unit Excavator	Waktu Tersedia (T)	Waktu Kerja Efektif (W)	Waktu Breakdown (R)	Waktu Standby (S)
SK PMA 01	513	365	94	63
SK PMA 03	513	363	85	48
SK PMA RIM 35	513	380	80	52

Table 3. Data Jam Kerja Efektif Alat Angkut Aktual

Unit Dumptruck	Waktu Tersedia (T)	Waktu Kerja Efektif (W)	Waktu Breakdown (R)	Waktu Standby (S)
Mitsubishi PMA15	513	448	41	24
Mitsubishi PMA17	513	415	53	50
Mitsubishi PMA10	513	417	47	49

4.1.4 Keserasian Kerja Alat, Efektivitas dan Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut.

Keserasian kerja alat dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan (7). Data yang digunakan dalam proses perhitungan keserasian kerja alat yaitu data *cycle time*, jumlah alat gali muat serta alat angkut. Dari perhitungan yang telah dilakukan.

$$MF = \frac{nh \times n \times Ctm}{nM \times Cth} \tag{7}$$

Keterangan

nH =Jumlah alat angkut (unit)

n =Banyak pengisian bucket hingga vessel penuh

Ctm =Waktu edar alat muat (menit)

nM =Jumlah alat muat (unit)

Cth =Waktu edar alat angkut (menit)

Table 4. Keserasian Kerja Alat

Alat Muat Melayani Alat Angkut	Keserasian Kerja Alat
Excavator SK PMA01 terhadap <i>dumptruck</i> PMA 12	1,4
Excavator SK PMA03 terhadap <i>dumptruck</i> PMA 14	1,29
Excavator SK PMA RIM35 terhadap <i>dumptruck</i> PMA 19	1,3

Pada Tabel 14 diperoleh keserasian kerja (MF) dari setiap unit > 1, maka dapat disimpulkan bahwa alat muat telah bekerja 100% namun alat angkut bekerja <100% sehingga adanya waktu tunggu bagi alat angkut.

Untuk mendapatkan efektifitas alat muat dan alat angkut dilakukan dengan menggunakan Persamaan (9) sampai (11) dan data yang di input dapat dilihat pada table 5 dan 6

$$PA = \frac{\text{hours worked} + \text{standby hours}}{\text{schedule hours}} \times 100\% \tag{8}$$

$$MA = \frac{\text{hours worked}}{\text{hours worked} + \text{repair hours}} \times 100\% \tag{9}$$

$$UA = \frac{\text{hours worked}}{\text{hours worked} + \text{standby hours}} \times 100\% \quad (10)$$

$$EU = \frac{\text{hours worked}}{\text{total hours}} \times 100\% \quad (11)$$

$$\text{Pencapaian Produktivitas} = \frac{\text{Produktivitas Actual}}{\text{Target Produksi}} \times 100\% \quad (12)$$

Table 5. Efektivitas Alat Muat

Alat Muat	PA (%)	MA (%)	UA (%)	EU (%)
SK PMA 01	81	79	85	70
SK PMA 03	82	81	88	73
SK PMA RIM35	84	82	87	75

Table 6. Efektivitas Alat Angkut

Alat Angkut	PA (%)	MA (%)	UA (%)	EU (%)
DT PMA 15	92	91	94	87
DT PMA 17	91	89	88	80
DT PMA 10	90	89	89	81

Tabel 7. Pencapaian Produktivitas Alat Muat

Unit Excavator	Pencapaian Produktivitas
SK PMA 01	78%
SK PMA 03	82%
SK PMA RIM 35	83%

Tabel 8. Pencapaian Produktivitas Alat Angkut

Unit DT	Pencapaian Produktivitas
DT PMA 15	92%
DT PMA 17	88%
DT PMA 10	85%

Dapat dilihat pada tabel 5 dan 6 nilai PA dan Ma masih dibawah 90% dan 85% berdasarkan Kepmen ESDM 1827 K/30/MEM/2018 PA dan MA haruslah melebihi nilai 90% dan 85% dapat dikatakan efektivitas alat tidak baik. Pada tabel 7 untuk pencapaian produktivitas harus diatas 85% ini berarti pencapaian produktivitas tidak baik.

Untuk mendapatkan produktivitas alat muat dengan menggunakan Persamaan (13). Data yang diinput dapat dilihat pada tabel 7

$$Q = \frac{q \times sf \times k \times 3600 \text{ detik} \times \text{Eff}}{\text{Ctm}} \quad (13)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas (Bcm/jam),

q = Kapasitas bucket (m3)

sf = Swell Factor

k = Fill Factor

Ctm = Cycle Time (Detik),

Eff = Efisiensi Kerja

Untuk mendapatkan produktivitas alat angkut dengan menggunakan Persamaan (14). Data yang diinput dapat dilihat pada tabel 7

$$Q = \frac{n \times q \times sf \times k \times 3600 \text{ detik} \times \text{Eff}}{\text{Ctm}} \quad (14)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas (Bcm/jam),

n = Jumlah pengisian bucket

q = Kapasitas bucket (m3)

sf = Swell Factor

k = Fill Factor

Ctm = Cycle Time (Detik),

Eff = Efisiensi Kerja

Table 7. Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut

Unit Excavator	Produktivitas (BCM/jam)	Unit Dumptruck	Produktivitas (BCM/jam)
SK PMA01	102	DT PMA 12	31,6
SK PMA03	107	DT PMA 14	31
SK PMA RIM35	109	DT PMA 19	29

4.1.5 Biaya Operasional Alat Muat dan Alat Angkut

Untuk biaya operasi alat muat Excavator Kobelco SK330 dapat dilihat pada table 8 berikut:

No	Keterangan	Biaya per jam
1	Bahan bakar	Rp. 134.400
2	Oli dan grase	Rp. 62.935
3	Filter	Rp. 1.200
4	Ban	Rp. 27.750
5	Gaji Operator	Rp. 30.000
Total		Rp. 256.285/18\$

Table 9. Biaya Operasional Alat Muat

Untuk biaya operasi alat angkut Dumptruck Mitsubishi Fuso 220F dapat dilihat pada table 9 berikut:

Table 10. Biaya Operasional Alat Angkut

No	Keterangan	Biaya per jam
1	Bahan bakar	Rp. 358.400
2	Oli dan grase	Rp. 52.018
3	Filter	Rp. 2.800
4	Gaji Operator	Rp. 30.000
Total		Rp. 443.218/32\$

4.1.6 Minimasi Jumlah Dumptruck dengan perhitungan Match Factor

Berdasarkan Tingkat konsensus dapat dihitung berdasarkan hasil perhitungan jumlah excavator, jumlah dump truck, waktu siklus excavator, dan waktu siklus dump truck. Dengan asumsi faktor kecocokan 1, jumlah dump truck yang dibutuhkan adalah 11, tetapi jumlah sebenarnya adalah 15, yang berarti jumlah dump truck dapat dikurangi 4.

Table 11. Jumlah DT dengan Metode Match Factor

Unit Excavator	Jumlah DT Aktual	Kebutuhan Unit DT MF
SK PMA 01	5	3,40/3
SK PMA 03	5	3,86/4
SK PMA RIM35	5	3,85/4

4.1.7 Minimasi Jumlah Dumpttruck dengan Metode Simpleks Linear Programming

Penentuan jumlah *dumpttruck* yang optimal dengan tujuan yakni dapat meningkatkan produksi serta meminimumkan biaya produksi dapat dilakukan dengan *Linear Programming* Metode Simpleks. Dalam menentukan jumlah *dumpttruck* yang optimal dapat dilakukan sebagai berikut:

- a. Menentukan variabel-variabel persoalan
 Dalam hal ini variable-variabel persoalan adalah jumlah *dumpttruck* yang digunakan pada setiap yaitu:
 X_1 = Jumlah DT EX 1
 X_2 = Jumlah DT EX 2
 X_3 = Jumlah DT EX 3
- b. Menentukan batasan yang harus dilakukan guna untuk memenuhi batasan *system* yang akan dimodelkan, seperti berikut ini:
 $X_1 + X_2 + X_3 \leq 15$
 dengan p merupakan produksi *dumpttruck* per unit

Table 8. Batasan-batasan Metode Simpleks

$P_1 X_1 \geq 130$	$31,6X_1 \geq 130$
$P_2 X_2 \geq 130$	$31X_2 \geq 130$
$P_3 X_3 \geq 130$	$29X_3 \geq 130$

- c. Menentukan tujuan (maksimasi atau minimasi)
 Permasalahan ini bertujuan untuk minimasi biaya produksi *dumpttruck*. Dalam menyusun persamaan ini melibatkan biaya *dumpttruck*, dimana biaya *dumpttruck* Mitsubishi Fuso 220F telah di perhitungkan sebelumnya.

Table 9. Biaya Dumpttruck/BCM

C_1	0,57 USD/Bcm
C_2	0,58 USD/Bcm
C_3	0,62 USD/Bcm

Bentuk persamaan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Fungsi tujuan adalah minimasi biaya produksi *dumpttruck* :

$$Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3$$

$$Z = 0,57X_1 + 0,58X_2 + 0,62X_3$$

Fungsi batasan/kendala :

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq 15$$

$$31,6X_1 \geq 130$$

$$31X_2 \geq 130$$

$$29X_3 \geq 130$$

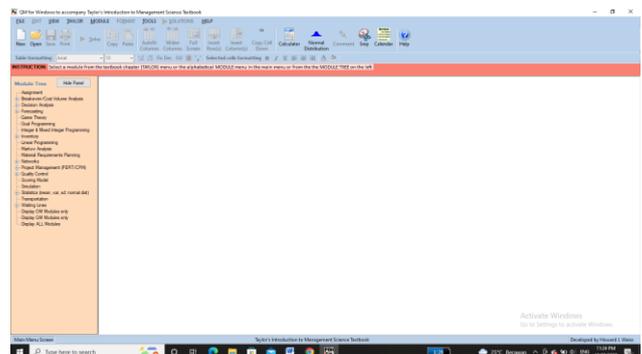
Setelah melakukan langkah-langkah tersebut, pada metode simpleks dapat dilakukan dengan menggunakan program POM for Windows, *Lingo* serta dengan menggunakan perhitungan manual.

4.1.8 Perhitungan dengan POM for Windows

- a. Buka Program *POM for Windows*

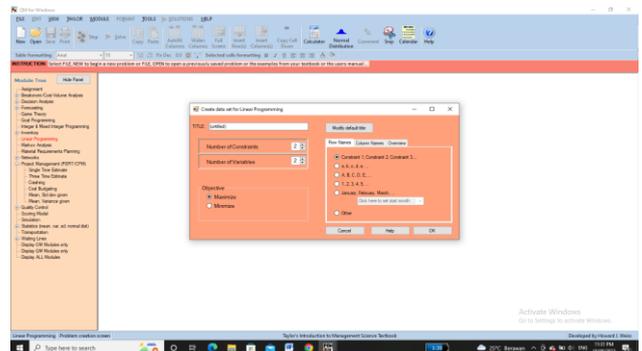


Gambar 7. Software POM for Windows
 b. Pilih Linear Programming pada Module



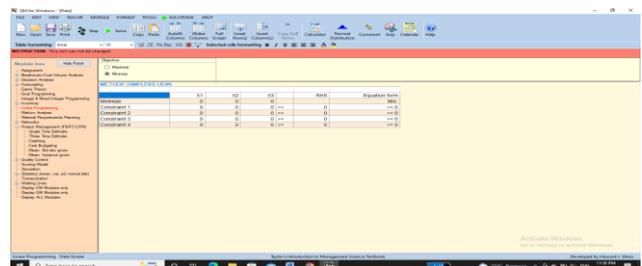
Gambar 8. Tampilan Workshop POM for Windows

- c. Pilih file klik new, maka akan muncul seperti gambar dibawah ini.



Gambar 9. Tampilan create for linear programming

- d. Kemudian isikan jumlah variable dan batasan yang akandibuat, pilih *minimize*, maka akan muncul seperti gambar berikut:

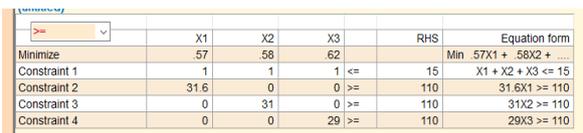


Gambar 10. Lembar Workshop POM for Windows

e. Isikan data seperti pada table berikut ini:

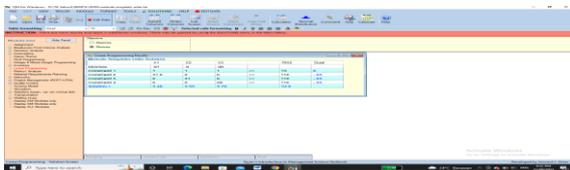
Table 10. Data yang di input ke POM for Windows

	X1	X2	X3		RHS
Minimize	0,57	0,58	0,62		
Constraint 1	1	1	1	≤	15
Constraint 2	31,6	0	0	≥	130
Constraint 3	0	31	0	≥	130
Constraint 4	0	0	29	≥	130



Gambar 11. Penginputan data di POM for Windows

f. Setelah data tersebut di input, klik SOLVE, maka akan tampil keluaran atau solusi dari permasalahan tersebut sebagai berikut :



Gambar 12. Hasil Perhitungan POM for Windows

Hasil dari perhitungan POM for Windows dapat dilihat pada *output solution* data. Dari perhitungan tersebut diperoleh total jumlah DT sebanyak 12 dari awalnya 15 DT.

Table 11. Jumlah Dumptruck dari Program for Windows

Unit Excavator	Jumlah Unit Simulasi LP POM for Windows	Jumlah Unit Simulasi LP (Pembulatan)
EXC SK PMA01	4,11	4
EXC SK PMA03	4,19	4
EXC SK PMA RIM35	4,4	4
Total		12

4.1.9 Perhitungan dengan Lingo

a. Buka Program Lingo



Gambar 13. Tampilan Software Lingo

b. Klik menu new, kemudian masukan data seperti berikut:

$$\text{Min } 0.57X_1 + 0.58X_2 + 0.62X_3$$

SUBJECT TO

$$31,6X_1 \geq 130$$

$$31X_2 \geq 130$$

$$29X_3 \geq 130$$

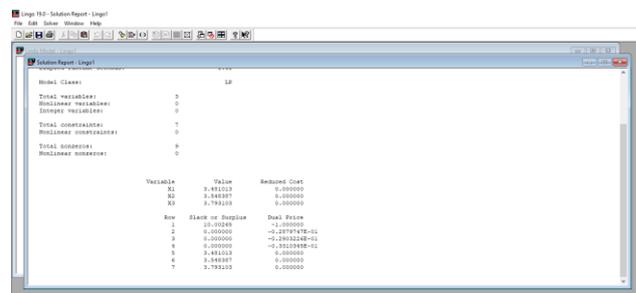
$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0$$

End

c. Kemudian klik *Solve* , Maka akan muncul *solution* , seperti dibawah ini



Gambar 14. Hasil Penginputan data di Lingo

Dari hasil perhitungan di *software Lingo* didapatkan hasil sebagai berikut Dimana X_1 sebagai variabel pertama mendapatkan nilai 4,11, X_2 mendapatkan nilai 4,19, X_3 mendapatkan nilai 4,4.

Table 12. Jumlah Dumptruck dari Lingo

Unit Excavator	Jumlah Unit Simulasi LP Lingo	Jumlah Unit Simulasi LP (Pembulatan)
EXC SK PMA01	4,11	4
EXC SK PMA03	4,19	4
EXC SK PMA RIM35	4,4	4
Total		12

4.1.10 Perhitungan Manual Metode Simpleks

Menentukan fungsi tujuan,

$$Z_{min} = Z = Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3$$

$$Z = 0,57X_1 + 0,58X_2 + 0,62X_3$$

Menentukan fungsi batasan,

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq 15$$

$$31,6X_1 \geq 130$$

$$31X_2 \geq 130$$

$$29X_3 \geq 130$$

Jawaban:

$$X_1 + X_2 + X_3 + S_1 = 15$$

$$31,6X_1 - S_2 + R_1 = 130$$

$$31X_2 - S_3 + R_2 = 130$$

$$29X_3 - S_4 + R_3 = 130$$

$$Z = 0,57X_1 + 0,58X_2 + 0,62X_3 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 + MR_1 + MR_2 + MR_3$$

$$R_1 = 130 - 31,6X_1 + S_2$$

$$R_2 = 130 - 31X_2 + S_3$$

$$R_3 = 130 - 29X_3 + S_4$$

$$Z = 0,57X_1 + 0,58X_2 + 0,62X_3 + M(130 - 31,6X_1 + S_2) + M(130 - 31X_2 + S_3) + M(130 - 29X_3 + S_4)$$

$$Z = 0,57X_1 + 0,58X_2 + 0,62X_3 + 130M - 31,6MX_1 + MS_2 + 130M - 31MX_2 + MS_3 + 130M - 29MX_3 + MS_4$$

$$Z = X_1(0,57 - 31,6M) + X_2(0,58 - 31M) + X_3(0,62 - 29M) + MS_1 + MS_2 + MS_3 + MS_4 + (130M + 130M + 130M)$$

$$Z = X_1(-31,03M) + X_2(-30,42M) + X_3(-28,38M) + MS_1 + MS_2 + MS_3 + MS_4 + 390M$$

Selanjutnya masukan angka diatas dalam bentuk table Simpleks seperti berikut:

Table 13. Tabel Awal Simpleks

1	Basic	Z	X1	X2	X3	S1	R1	S2	R3	S3	R4	S4	NK
	Z	1	-31,03	-30,42	-28,38	0	0	1	0	1	0	1	390
	S1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	15
	R1	0	31,6	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	130
	R2	0	0	31	0	0	0	0	1	-1	0	0	130
	R3	0	0	0	29	0	0	0	0	0	1	-1	130

Table 14. Tabel Iterasi 1

1	Basic	Z	X1	X2	X3	S1	R1	S2	R3	S3	R4	S4	NK
	Z	1	0,95	-30,42	-28,38	0	0	1	0	1	1	0	260
	S1	0	0	1	1	1	0,0316	0,032	0	0	0	0	10,89
	X1	0	1	0	0	0	0,0316	-0,0316	0	0	0	0	4,11
	R2	0	0	31	0	0	0	0	1	-1	0	0	130
	R3	0	0	0	29	0	0	0	0	0	1	-1	130

Table 15. Tabel Iterasi 2

1	Basic	Z	X1	X2	X3	S1	R1	S2	R3	S3	R4	S4	NK
	Z	1	0,95	0,94	-28,38	0	0	0	0	1	1	0	130
	S1	0	0	0	1	1	0,0316	0,0316	-0,032	0,032	0	0	6,79
	X1	0	1	0	0	0	0,0316	-0,0316	0	0	0	0	4,11
	X2	0	0	1	0	0	0	0	0,032	-0,032	0	0	4,19
	R3	0	0	0	29	0	0	0	0	0	1	-1	130

Table 16. Tabel Iterasi 3

1	Basic	Z	X1	X2	X3	S1	R1	S2	R3	S3	R4	S4	NK
	Z	1	0,95	0,94	0,94	0	1	0	0	0	1	0	0
	S1	0	0	0	0	1	0,0316	0,0316	-0,032	0,032	0,034	-0,034	2,39
	X1	0	1	0	0	0	0,0316	-0,0316	0	0	0	0	4,11
	X2	0	0	1	0	0	0	0	0,032	-0,032	0	0	4,19
	X3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,034	-0,034	4,4

Table 17. Tabel Akhir Simpleks

1	Basic	Z	X1	X2	X3	S1	R1	S2	R3	S3	R4	S4	NK
	Z	1	0,95	0,94	0,94	0	1	0	0	0	1	0	0
	S1	0	0	0	0	1	0,0316	0,0316	-0,032	0,032	0,034	-0,034	2,39
	X1	0	1	0	0	0	0,0316	-0,0316	0	0	0	0	4,11
	X2	0	0	1	0	0	0	0	0,032	-0,032	0	0	4,19
	X3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,034	-0,034	4,4

Table 18. Jumlah Dumptruck Perhitungan Manual

Unit <i>Excavator</i>	Jumlah Unit Simulasi LP (Perhitungan Manual)	Jumlah Unit Simulasi LP (Pembulatan)
EXC SK PMA01	4,11	4
EXC SK PMA03	4,19	4
EXC SK PMA RIM35	4,4	4
Total		12

Pada Tabel 21 jumlah *dumptruck* yang diperoleh dari analisis menggunakan metode simpleks dengan perhitungan manual sebesar 12 *dumptruck*.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Jumlah Total Produksi Overburden

Berdasarkan jumlah *dumptruck* yang optimal yang diperoleh dari analisis *linear programming* metode simpleks, maka dapat dihitung jumlah produksi yang dihasilkan merupakan perkalian antara jumlah unit dengan produksi *dumptruck* per jam. Hasil hitungan produksi *overburden* dapat dilihat pada Tabel 22. Produksi optimal yang dihasilkan dengan analisis *linear programming* metode simpleks secara total adalah 366,4 BCM/jam. Untuk total produksi dengan menggunakan perhitungan *match factor* adalah sebesar 334,8 BCM/jam.

Table 19. Jumlah Produksi BCM/Jam Berdasarkan Metode Simpleks Linier Programming

<i>Excavator</i>	Jumlah DT (Unit)	Produktivitas DT (BCM per Jam)	Total Produksi DT (BCM per Jam)
SK PMA 01	4	31,6	126,4
SK PMA 03	4	31	124
SK PMA RIM35	4	29	116
Total	12	91,6	366,4

Table 20. Jumlah Produksi BCM/Jam Berdasarkan Metoda Match Factor

Excavator	Jumlah DT (Unit)	Produktivitas DT (BCM per Jam)	Total Produksi DT (BCM per Jam)
SK PMA 01	3	31,6	94,8
SK PMA 03	4	31	124

SK PMA RIM35	4	29	116
Total	11	91,6	334,8

Untuk total produksi *overburden* perbulannya berdasarkan Metode LP dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini :

$P = \text{jumlah produktivitas/jam} \times \text{jumlah jam kerja efektif dalam 1 bulan}$

$$= (126,4 \text{ bcm} \times 448 \text{ jam}) + (124 \text{ bcm} \times 415 \text{ jam}) + (116 \text{ bcm} \times 417 \text{ jam})$$

$$= (56.627+51.460+48.372)\text{bcm/bulan}$$

$$= 156.459 \text{ BCM/bulan}$$

Untuk total produksi *overburden* perbulannya berdasarkan Metode LP dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini :

$P = \text{jumlah produktivitas/jam} \times \text{jumlah jam kerja efektif dalam 1 bulan}$

$$= (94,8 \text{ bcm} \times 448 \text{ jam}) + (124 \text{ bcm} \times 415 \text{ jam}) + (116 \text{ bcm} \times 417 \text{ jam})$$

$$= (42.470+51.460+48.372)\text{bcm/bulan}$$

$$= 142.302 \text{ BCM/bulan}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, metode linier programming mendapatkan hasil produksi *overburden* yang optimal sebesar 156.459 BCM/bulan melebihi target produksi perusahaan yakni 150.000 BCM/bulan, yang di mana ada penambahan produksi *overburden* sebesar 6.459 BCM

4.2.2 Total Biaya Produksi

Berdasarkan perhitungan jumlah *dumptruck* dan produksi dengan analisa *linear programming* metode simpleks, maka dapatlah dihitung biaya produksi minimal yang diinginkan sesuai dengan produksi dan jumlah *dumptruck* yang optimal. Untuk mencari nilai *loading cost excavator* dapat menggunakan persamaan antara biaya *excavator* dibagi dengan total produksi.

Table 21. Biaya Alat Muat dan Angkut

<i>Excavator</i>	<i>Excavator</i> Cost per Unit (USD/Jam)	<i>Dumptruck</i> Cost per Unit (USD/Jam)	Jumlah DT
SK PMA 01	32	18	4
SK PMA 03	32	18	4
SK PMA RIM 35	32	18	4
Total			12

Table 22. Biaya Produksi dengan *Linier Programming* Metode Simpleks

<i>Excavator</i>	Excavator Cost per Unit (USD/jam)	DT Cost per Unit (USD/jam)	Jumlah DT	Total Produksi DT (BCM/jam)	Hauling Cost (USD/BCM)	Loading Cost (USD/BCM) Per Unit	Total Cost (USD/BCM)
SK PMA 01	32	18	4	126,4	0,57	0,25	0,82
SK PMA 03	32	18	4	124	0,58	0,26	0,84
SK PMA RIM 35	32	18	4	116	0,62	0,28	0,90
Total			12	366,4	1,77	0,79	2,56

Table 23. Biaya Produksi dengan Metode *Match Factor*

<i>Excavator</i>	Excavator Cost per Unit (USD/jam)	DT Cost per Unit (USD/jam)	Jumlah DT	Total Produksi DT (BCM/jam)	Hauling Cost (USD/BCM)	Loading Cost (USD/BCM) Per Unit	Total Cost (USD/BCM)
SK PMA 01	32	18	3	94,8	0,57	0,33	0,90
SK PMA 03	32	18	4	124	0,58	0,26	0,84
SK PMA RIM 35	32	18	4	116	0,62	0,28	0,90
Total			11	334,8	2,77	0,87	2,64

Table 24. Data Aktual KUDSS

<i>Excavator</i>	Excavator Cost per Unit (USD/jam)	DT Cost per Unit (USD/jam)	Jumlah DT	Produksi (BCM/jam)	Hauling Cost Total (USD/BCM)	Loading Cost (USD/BCM) Per Unit	Total Cost (USD/BCM)
SK PMA 01	32	28	5	110	0,81	0,30	1,11
SK PMA 03	32	28	5	110	0,81	0,30	1,11
SK PAM RIM 35	32	28	5	110	0,81	0,30	1,11
Total			15	330	2,43	0,90	3,33

Pada Tabel 25 merupakan hitungan biaya produksi yang dikeluarkan berdasarkan analisa *linear programming* metode simpleks dengan hasil biaya produksi sebesar 2,56 USD/BCM dengan 12 unit *dumpruck*, sedangkan dengan perhitungan *match factor* didapatkan biaya produksi sebesar 2,65 USD/BCM dengan 11 unit *dumpruck* dapat dilihat pada Tabel 26. Pada table 27, Berdasarkan data *actual* dan perhitungan menggunakan metode simpleks diperoleh jumlah *dumpruck* dari 15 unit menjadi 12 unit dengan biaya yang dikeluarkan dari 3,33 USD/BCM menjadi 2,56 USD/BCM.

4.2.3 Biaya Produksi yang Minimal

Tujuan akhir optimalisasi produksi adalah mengoptimalkan sumber daya yang terbatas dengan mencapai produksi optimal sesuai dengan efisiensi biaya produksi. Oleh karena itu, faktor utama yang harus diperhatikan adalah faktor biaya produksi untuk setiap metode perhitungan. Berdasarkan jumlah dump truck dan output yang dihasilkan oleh masing-masing metode, Anda dapat menentukan biaya produksi yang efisien/minimum dari aktivitas pengangkutan Anda. Tabel 28, 29 dan 30 menunjukkan perbandingan biaya produksi untuk setiap proses. Sebagai hasil perbandingan, dapat dilihat bahwa biaya yang paling efisien ditunjukkan oleh linear programming adalah sebesar 0,85 USD/BCM, atau kami

dapat menekan biaya produksi (biaya pengangkutan dan pemuatan) dari 1,11 USD./BCM ke 0,85 USD/BCM.

Table 25. Perbandingan Biaya Produksi *dumptruck/hauling cost*

<i>Excavator</i>	Aktual (USD/BCM)	Perhitungan Match Factor (USD/BCM)	Metode LP (USD/BCM)
SK PMA 01	1,11	0,57	0,57
SK PMA 03	1,11	0,58	0,58
SK PMA RIM 35	1,11	0,62	0,62
Rata-rata	1,11	0,59	0,59

Table 26. Perbandingan Biaya Produksi *Excavator/Loading Cost*

<i>Excavator</i>	Aktual (USD/BCM)	Perhitungan Match Factor (USD/BCM)	Metode LP (USD/BCM)
SK PMA 01	0,30	0,33	0,25
SK PMA 03	0,30	0,26	0,26
SK PMA RIM 35	0,30	0,28	0,28
Rata-rata	0,30	0,29	0,26

Table 27. Perbandingan Biaya Produksi Total Cost

<i>Excavator</i>	Aktual (USD/BCM)	Perhitungan Match Factor (USD/BCM)	Metode LP (USD/BCM)
SK PMA 01	1,11	0,90	0,82
SK PMA 03	1,11	0,84	0,84
SK PMA RIM 35	1,11	0,90	0,90
Rata-rata	1,11	0,88	0,85

Berdasarkan analisis di atas, program linier lebih cocok digunakan dalam simulasi optimasi produksi dengan utilisasi alat transportasi yang optimal. Hal ini tercermin dari produksi yang tepat sasaran dan biaya produksi yang efisien. Oleh karena itu, linear programming dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam optimalisasi penggunaan kendaraan, sehingga linear programming dapat digunakan sebagai salah satu

alternatif sarana penentuan jumlah kendaraan yang optimal untuk memenuhi target peningkatan produksi. Selain meminimalkan biaya produksi yang dikeluarkan oleh perusahaan,

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan di lapangan, hasil perhitungan dan pengolahan data, serta analisis yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

5.1.1 Tingkat keserasian kerja alat

Tingkat keserasian kerja (match factor) pada alat gali muat terhadap alat gali angkut adalah 1,4 ; 1,29 ; 1,3. Hasil dari perhitungan tersebut diperoleh MF>1 yang berarti bahwa alat gali muat bekerja 100% sedangkan pada alat gali angkut tidak bekerja 100% sehingga terdapat waktu tunggu pada alat gali angkut.

5.1.2 Perencanaan kebutuhan jumlah alat angkut

Jumlah dump truck yang optimal untuk pemindahan lapisan penutup berdasarkan perhitungan match factor excavator adalah 11 unit, sedangkan program linier untuk setiap excavator adalah 12 unit. Jadi jika 15 unit sebelumnya benar-benar digunakan, maka akan dihasilkan efisiensi DT 3-4 unit dan dapat dialokasikan ke area kerja lain..

5.1.3 Hasil produksi yang optimal

Produksi yang optimal untuk pemindahan material *overburden* berdasarkan perhitungan *match factor* adalah 127.429 BCM/bulan, dan berdasarkan metode *linear programming* adalah 156.459 BCM/bulan. Dengan demikian produksi optimal dengan metode *linear programming* dengan 156.459 BCM/bulan. yang melebihi produksi *actual* yaitu 150.000 BCM/Jam.

5.1.4 Biaya produksi yg optimal

Biaya produksi yang efisien untuk pemindahan material *overburden* berdasarkan perhitungan match factor adalah 0,88USD/BCM dan 0,85USD/BCM untuk program linier. Oleh karena itu, biaya produksi efisien pemrograman linier sebesar 0,85USD/BCM masih lebih rendah dari biaya produksi aktual sebesar \$1,11/BCM..

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan di KUD Sinamar Sakato, pengolahan data dan analisis, maka penulis menyarankan bahwa:

1. Perlu dilakukan perencanaan ulang terhadap jumlah kebutuhan alat angkut untuk melakukan kegiatan pengupasan *overburden*.

2. Dalam penelitian berikutnya diharapkan simulasi dapat mempertimbangkan unit pendukung lainnya seperti *dozer* dan *grader* sehingga optimasi produksi bisa tercapai lebih baik lagi.
3. Perlu dilakukan simulasi dalam mendapatkan produksi yang optimal baik dengan menerapkan *linear programming* metode grafik atau metode simpleks, metode transportasi atau metode lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] Adinda, A., & Yulhendra, D. (2020). Studi Optimasi Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Menggunakan Metode Linear Programming Pada Perolehan Produksi Overburden PT. Surya Global Makmur Jobsite Pemusiran, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. *Bina Tambang*, 5(2), 238-249
- [2] Anonim, 2009. Specifications & Application Hand Book Komatsu Edition 30
- [3] Arikunto, Suharsimi. "Prosedur penelitian suatu pendekatan praktik." (2013).
- [4] Bascetin, A. & Ercelebi, S. G. (2009). Optimization of Shovel-Truck System for Surface Mining. *Journal of The Southern African Institute of Mining & Metallurgy*. 109. 433-439
- [5] Burt, C. N., & Caccetta, L. (2007). Match factor for heterogeneous truck and loader fleets. *International journal of mining, reclamation and environment*, 21(4), 262-270.
- [6] Cacceta, L & Burt, C. (2013). Equipment Selection for Surface Mining : A Review. *Journal Interface*. 44 (2): 143-162
- [7] Gunawan, K., Dwinagara, B., & Caesar, A. J. (2017). KAJIAN TEKNIK PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT PADA PENGUPASAN OVERBURDEN TAMBANG BATUBARA DI PT. WAHANA BARATAMA MINING SATUI, KALIMANTAN SELATAN. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 3(2), 155-164.
- [8] Handoko, T. H. (1984). Dasar-dasar manajemen produksi dan operasi. BPFE
- [9] Hardi, R., & Octova, A. (2020). Analisis Produksi dan Biaya Pengupasan Overburden Menggunakan Metode Simpleks di PT. Allied Indo Coal Jaya, Parambahan, Sawahlunto, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5(4), 118-128.
- [10] Indonesianto, Yanto . 2014 . Pemindahan Tanah Mekanis . Yogyakarta: Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".
- [11] Jay Heizer, and Barry Render. 2006. Operations Management. Terjemahan Dwianoeagrahwati dan Alhamdy, Indra. Jakarta. Salemba Empat
- [12] *KepMen. No 1827 K / 30 / MEM / 2018* tentang pedoman pelaksanaan kaidah teknik pertambangan yang baik.
- [13] Liemin, A., Anshariah, A., & Bakri, H. (2018). Evaluasi Produksi Overburden pada Front Kerja Excavator Hitachi Shovel. *Jurnal Geomine*, 6(1).
- [14] Morley, D., Joseph, T., & Lu, M. (2013). In search of the ideal truck-excavator combination. In *ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction* (Vol. 30, p. 1). IAARC Publications.
- [15] Nel, S., Kizil, M. S., & Knights, P. (2011, January). Improving truck-shovel matching. In *35th APCOM Symposium-Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industry, Proceedings* (pp. 381-391). Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- [16] Newman, A. M., Rubio, E., Caro, R., Weintraub, A., & Eureka, K. (2010). A review of operations research in mine planning. *Interfaces*, 40(3), 222-245.
- [17] Nguyen, H., Doan, T. L., Le, Q. T., Do, N. H., & Pham, V. V. (2014). Determination of shovel-truck productivities in open-pit mines. In *The 3rd international conference on advances in mining and tunneling. Publishing House for Science and Technology* (pp. 103-108)..
- [18] Partanto, Projosumarto. 1995. Pemindahan Tanah Mekanis. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan ITB.
- [19] Prasmore, A. V., & Hasibuan, S. Optimasi Kemampuan Produksi Alat Berat dalam Rangka Produktifitas dan Keberlanjutan Bisnis Pertambangan Batubara: Studi Kasus Area Pertambangan Kalimantan Timur. *Operations Excellence*, 10(1), 1- 16
- [20] Prodjosumarto, Partanto. 1995. Pemindahan Tanah Mekanis. ITB : Bandung.
- [21] Rochmanhadi, Alat-Alat Berat dan Penggunaannya: Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta, 1982.
- [22] Safari, L. M., Ceffi, M. S., & Suprpto, M. (2020). Optimasi Biaya Pengiriman Beras Menggunakan Model Transportasi Metode North West Corner (Nwc) Dan Software Lingo. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 6(3), 184-189.