

**EVALUASI OPTIMASI ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT
TERHADAP PRODUKSI BATU KAPUR MENGGUNAKAN METODE
MATCH FACTOR, FISHBONE DAN LINEAR PROGRAMMING SIMPLEX
PADA BLOK PENDAPATAN NEGARA BUKAN PAJAK (PNBP) DAN PIT
LIMIT BARAT (PLB) BUKIT KARANG PUTIH PT. SEMEN PADANG**

JURNAL



Naya Makaristi Andrea
15137062/2015

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERTAMBANGAN
TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

LEMBAR PENGESAHAN JURNAL

**EVALUASI OPTIMASI ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT
TERHADAP PRODUKSI BATU KAPUR MENGGUNAKAN METODE
MATCH FACTOR, FISHBONE DAN LINEAR PROGRAMMING SIMPLEX
PADA BLOK PENDAPATAN NEGARA BUKAN PAJAK (PNBP) DAN PIT
LIMIT BARAT (PLB) BUKIT KARANG PUTIH PT. SEMEN PADANG**

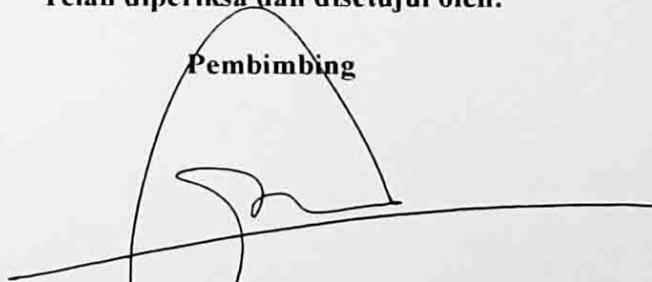
Jurnal ini dibuat berdasarkan Tugas Akhir:

Nama : Naya Makaristi Andrea
MIM/TM : 15137062/2015
Konsentrasi : Tambang Umum
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, 2 Juni 2021

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing



Dr. Mulya Gusman, S.T., M.T.
NIP. 19740808 200312 1 001

Evaluasi Optimasi Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Terhadap Produksi Batu Kapur Menggunakan Metode *Match Factor*, *Fishbone* dan *Linear Programming Simplex* pada Blok Pendapatan Negara Bukan Pajak (PNBP) dan Pit Limit Barat (PLB) Bukit Karang Putih PT. Semen Padang

Naya Makaristi Andrea^{1,*}, dan Mulya Gusman².

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Negeri Padang

²Dosen Teknik Pertambangan, Universitas Negeri Padang

*email: nayamakaristiandrea@gmail.com, mulyagusman@ft.unp.ac.id

Abstrak

Dalam pelaksanaan penambangan batu kapur blok Pendapatan Negara Bukan Pajak (PNBP) dan blok Pit Limit Barat (PLB) di PT. Semen Padang menggunakan 1 unit *excavator* Hitachi EX-2500 (EH 6) dan 5 unit *dump truck* HD Komatsu 785-7 pada blok PNBP, 1 unit *Excavator* Catterpillar 6030 (EC 3) dan 3 unit *dump truck* HD 785-7 / 777 D pada blok PLB. Rata-rata produktivitas aktual bulan Oktober 2020 pada blok PNBP untuk 1 unit *excavator* EH 6 sebesar 1.086,85 ton/jam dan 5 unit *dump truck* HD 785-7 sebesar 643,76 ton/jam, sedangkan rata-rata produktivitas aktual pada blok PLB untuk 1 unit *excavator* EC 3 sebesar 1.324,65 ton/jam dan 3 unit *dump truck* HD 785-7 / 777 D sebesar 1.184,83 ton/jam sama-sama belum mencapai target sebesar 1200 ton/jam. Hal tersebut disebabkan oleh tidak serasinya alat gali dan alat angkut, besarnya waktu edar masing-masing *dump truck*, *standby hours* dan *breakdown* yang mengakibatkan waktu kerja kurang sesuai dengan yang direncanakan.

Upaya yang dilakukan sebagai evaluasi optimasi tidak serasinya alat gali dan alat angkut menggunakan metode *Match Factor*. Besarnya waktu edar *dump truck*, *standby hours* dan *breakdown* dilakukan dengan melihat akar-akar permasalahan pada diagram *Fishbone*. Dan untuk mencapai hasil produksi yang optimal dengan biaya minimal digunakan analisis metode *Linear Programming Simplex* sebagai solusi improvisasi dalam penelitian ini.

Hasil penelitian ini adalah berdasarkan kondisi aktual jumlah produksi pada blok PNBP dan PLB selama 1 bulan didapatkan sebesar 1.027.391,00 ton, berdasarkan evaluasi dengan metode *Match Factor* didapatkan jumlah produksi sebesar 1.308.072,54 ton, berdasarkan evaluasi dengan metode *Fishbone* didapatkan jumlah produksi sebesar 1.164.531,38 ton, dan berdasarkan penerapan analisis metode *Linear Programming Simplex* didapatkan jumlah produksi sebesar 1.237.902,15 ton. Sebagai solusi yang paling optimal untuk diterapkan dalam mencapai target produksi batu kapur pada bulan Oktober 2020 yaitu sebesar 973.989 ton dapat digunakan penerapan metode *Fishbone* dan *Linear Programming Simplex* karena mencapai jumlah produksi paling optimal dalam 1 bulan yaitu sebesar 1.404.012,58 Ton.

Kata Kunci: Produktivitas, *Excavator*, *Dump Truck*, *Match Factor*, *Fishbone*, *Linear Programming Simplex*

A. Pendahuluan

Indonesia memiliki kekayaan alam berupa mineral yang sangat berlimpah. Sumber daya mineral yang tersebar di seluruh penjuru nusantara bila dimanfaatkan dan dieksploitasi dengan baik dapat memberikan manfaat dalam kehidupan manusia juga menjadi sumbangan bagi Indonesia mulai dari peningkatan aktifitas ekonomi, pemasukkan terhadap anggaran daerah maupun pusat, pembangunan daerah, pendapatan ekspor, dan pembukaan lapangan kerja. Proses eksploitasi cadangan mineral yang memiliki nilai ekonomis tersebut disebut dengan istilah pertambangan.

Pertambangan merupakan suatu kegiatan pengambilan endapan berharga yang terkandung di dalam bumi yang mempunyai nilai ekonomi. Proses pengambilan endapan tersebut dapat dilakukan dengan dua sistem penambangan yaitu tambang

bawah tanah dan tambang terbuka. Penambangan batu kapur di PT. Semen Padang adalah salah satu contoh proses pengambilan endapan yang dapat diambil dengan sistem tambang terbuka.

PT. Semen Padang yang berdiri sejak tahun 1990 merupakan perusahaan tertua di Indonesia. Badan Usaha Milik Negara (BUMN) ini menjadi produsen semen nasional untuk kebutuhan pasar dalam negeri dengan daerah pemasaran dari pulau Sumatera sampai Kalimantan. Metode penambangan yang dilakukan oleh PT. Semen Padang adalah metode tambang terbuka dengan sistem *quarry mining* yang meliputi kegiatan *land clearing*, pembongkaran material dengan cara peledakan, pemuatan, pengangkutan dan pengolahan material.

Pada lokasi penelitian blok Pendapatan Negara Bukan Pajak (PNBP-6) dan Pit Limit Barat (PLB) (untuk seterusnya nama lokasi penelitian akan ditulis

blok PNBP dan PLB) area PT. Semen Padang memiliki target produksi yang telah ditetapkan setiap bulannya. PT. Semen Padang diberikan target produksi setiap bulannya untuk memproduksi batu kapur, sehingga harus mampu memenuhi target produksi yang ditetapkan tersebut. Faktor pencapaian produksi tersebut dipengaruhi oleh kemampuan unit atau peralatan yang digunakan pada proses penambangan. PT. Semen Padang menggunakan peralatan tambang utama yaitu *Excavator Caterpillar 6030* dan *Excavator Hitachi EX-2500* sebagai alat muat serta *Dump Truck Caterpillar HD - 785* sebagai alat angkut dalam aktivitas produksi batu kapur.

Tabel 1. Ketercapaian Target Produksi di Blok PNBP dan PLB pada 2020

Deskripsi	Lokasi (ton)	Mei (ton)	Juni (ton)	Juli (ton)	Agustus (ton)	September (ton)	Oktober (ton)
Produksi	PLB	496.218	383.384	385.055	25.218	310.575	303.370
	PNBP	87.568	235.995	301.285	472.666	368.675	503.775
	Total	583.786	619.379	686.340	497.884	679.250	807.145
Target	RKAP	846.983	863.596	974.451	927.293	925.949	973.989
Ketercapaian		68,93%	71,72%	70,43%	53,69%	73,36%	82,87%

Sumber : Perencanaan Tambang PT. Semen Padang 2020

Proses produksi batu kapur dalam hal pemuatan dan pengangkutannya menggunakan kombinasi antara alat gali muat dan alat angkut yang jumlahnya ditentukan oleh faktor keserasian (*match factor*) dari alat-alat tersebut. Salah satu yang mempengaruhi faktor keserasian ini adalah produktivitas alat gali muat dan alat angkut yang digunakan. Dalam pelaksanaan penambangan, produksi batu kapur di PT. Semen Padang belum mencapai target produksi yang telah direncanakan. Hal tersebut disebabkan oleh tidak serasinya alat gali dan alat angkut, besarnya waktu edar masing-masing *dump truck*, waktu *standby* dan *breakdown* yang mengakibatkan adanya *losstime* sehingga waktu kerja kurang sesuai dengan yang direncanakan. Hal ini perlu dibahas dengan melihat akar-akar permasalahannya menggunakan diagram *fishbone* agar bisa dievaluasi dan diberikan solusi untuk mengatasinya.

Di sini perlu pengkajian kebutuhan peralatan yang merupakan salah satu bagian penting dalam perencanaan suatu pekerjaan tambang karena menyangkut aspek teknis dan ekonomis proyek. Aspek teknis meliputi jenis dan jumlah alat serta metode yang digunakan. Sedangkan aspek ekonomis meliputi biaya produksi dan biaya operasional. Biaya produksi adalah keseluruhan biaya produksi ekonomi yang dibutuhkan dalam kegiatan produksi suatu barang.

Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi mengenai penggunaan *dump truck* dan *excavator*, baik peralatan utama maupun peralatan penunjang sebagaimana judul yang penulis ajukan. Dengan adanya proses optimasi yang dilakukan pada *dump truck* dan *excavator*, diharapkan dapat

mendukung kegiatan penambangan agar lebih optimal dan dapat mengurangi biaya produksipenambangan.

Berdasarkan referensi penelitian terdahulu, pendekatan optimasi yang digunakan adalah metode *Linear Programming*. Seperti penelitian yang dilakukan oleh peneliti Newman, et al (2010) melakukan optimalisasi produksi dengan perencanaan yang baik menggunakan metode *linear programming* dan metode antrian. Peneliti Morley et al (2012) melakukan penelitian dengan model simulasi yang menghasilkan kombinasi ideal antara *truck* dan *excavator* sehingga dapat menurunkan biaya produksi. Peneliti lainnya adalah Burt and Cacceta (2013) dengan metode *linear programming* dan *match factor* dapat menghasilkan jumlah dan jenis alat yang digunakan secara tepat untuk mengurangi biaya produksi.

Penelitian ini menggunakan metode *match factor*, *fishbone* dan *linear programming simplex* dan menjadikan beberapa penelitian di atas sebagai referensi, karena adanya kemiripan permasalahan dan sistem operasional yang sama pada sistem penambangan terbuka serta jenis dan tipe alat yang sama.

B. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang mengacu kepada penelitian eksperimen dimana menurut Sugiyono (2015:25) metode penelitian kuantitatif diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Metode penelitian yang digunakan adalah eksploratif dan deskriptif. Pengumpulan data dilakukan dengan 3 cara, yaitu observasi atau pengamatan, pengumpulan dokumen dan wawancara. Pengolahan data dilakukan menggunakan bantuan *software Microsoft excel*.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Data Kondisi Aktual

a. Jam Kerja

PT. Semen Padang mempunyai jam kerja 21 jam/hari yang menerapkan 3 *shift* kerja dilapangan, dimulai dari jam 07.00-15.00, 15.00-23.00, dan 23.00-07.00. Adapun distribusi waktu jam Kerja PT. Semen Padang dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 2. Waktu Kerja Terjadwal PT. Semen Padang

Shift	Jam Kerja	Istirahat	Jumlah Jam Kerja	Keterangan
1	07.00 - 15.00	12.00 - 13.00	7 Jam	Kerja Normal
2	15.00 - 23.00	18.00 - 19.00	7 Jam	Kerja Normal
3	23.00 - 07.00	04.00 - 05.00	7 Jam	Kerja Normal

Sumber : Perencanaan Tambang PT. Semen Padang 2020

b. Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian penulis yaitu area produksi tambang batu kapur blok Pendapatan Negara Bukan Pajak (PNBP) dan Pit Limit Barat (PLB) yang akan bermuara di Crusher MS 1 dan LSC 6 yang masing-masing memiliki target produksi pengolahan

batuan 2000 Ton/jam.

1) Fleet

Pada lokasi penambangan PNB-6 unit alat berat yang digunakan sebagai alat muat yaitu unit *Excavator* Hitachi EX-2500 dengan kode alat penamaan PT. Semen Padang yaitu EH 6. Sedangkan untuk alat angkut yang digunakan yaitu *Dump Truck* HD Komatsu 785-7 D sebanyak 5 Unit dengan kapasitas 100 Ton dengan kode alat penamaan PT. Semen Padang yaitu DK 15, DK 16, DK 17, DK 18, dan DK 19.

Pada lokasi penambangan PLB unit alat berat yang digunakan sebagai alat muat yaitu *Excavator* Komatsu Catterpillar CAT 6030 dengan kode alat penamaan PT. Semen Padang yaitu EC 03. Sedangkan untuk alat angkut yang digunakan yaitu HD CAT 777 sebanyak 3 Unit dengan kapasitas 100 ton.

2) Produksi Batuan

Pada kondisi aktual penambangan batu kapur di blok PLB dan PNB belum mencapai target produksi yang direncanakan. Adapun realisasi produksi penambangan batu kapur di area PLB dan PNB dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Produksi Aktual area PNB dan PLB

Deskripsi	Lokasi (ton)	Mei (ton)	Juni (ton)	Juli (ton)	Agustus (ton)	September (ton)	Oktober (ton)
Produksi	PLB	496.218	383.384	385.055	25.218	310.575	303.370
	PNBP	87.568	235.995	301.285	472.666	368.675	503.775
	Total	583.786	619.379	686.340	497.884	679.250	807.145
Target	RKAP	846.983	863.596	974.451	927.293	925.949	973.989
Ketercapaian		68,93%	71,72%	70,43%	53,69%	73,36%	82,87%

c. Produktifitas dan Ketersediaan Alat Aktual

1) Blok PNB

a) Alat Gali Muat

Pada lokasi penambangan PNB-6 unit alat gali-muat yang digunakan sebagai alat muat yaitu unit *Excavator* Hitachi EX-2500 dengan kode alat penamaan PT. Semen Padang yaitu EH 6.

(1) Data Kondisi Penambangan

Operasi penambangan batu kapur area PNB 6 dimulai dari kegiatan peledakan (*blasting*) untuk membeaikan batuan kemudian batu kapur hasil *blasting* dimuat pada alat angkut. Setelah itu, dilakukan pengangkutan batu kapur menuju lokasi *dumping* pada *Limestone Crusher* VI untuk mereduksi ukuran batuan agar mendapatkan ukuran material yang diinginkan.

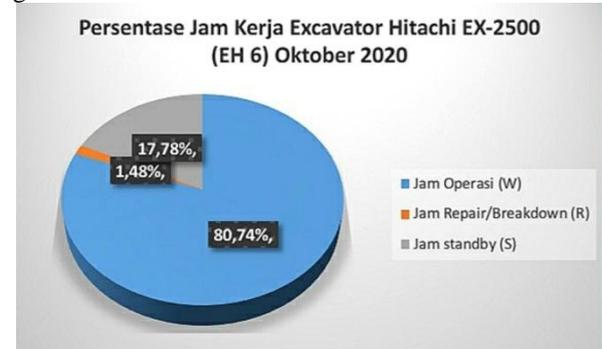
(2) Data Jam Kerja Alat

Berikut merupakan data jam kerja unit *Excavator* Hitachi EX-2500 (EH 6) di Bulan Oktober 2020 dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini;

Tabel 4. *Effective Working Hours Excavator* Hitachi EX 2500-6

Jam Tersedia	Jam Operasi (W)	Jam Repair/Breakdown (R)	Jam standby (S)
675 jam	545 jam	10 jam	120 jam

Berikut merupakan persentase data jam kerja alat gali muat *Excavator* Hitachi EX 2500 :



Gambar 1. Diagram Data Jam Kerja Unit *Excavator* Hitachi EX 2500

Dari data jam kerja *Excavator* Hitachi 2500 dapat diperoleh perhitungan PA MA UA dan EU dilihat pada tabel berikut :

Tabel PA MA UA dan EU *Excavator* Hitachi EX - 2500 bulan Oktober 2020.

Tabel 5. *Avaiability Unit Excavator* Hitachi EX-2500

PA	MA	UA	EU
98,52%	98,20%	81,95%	80,74%

Dari perhitungan diperoleh nilai PA 98,52 % ketersediaan fisik dari alat *Excavator* Hitachi EX 2500 bulan Oktober 2020, untuk MA ketersediaan mekanik alat diperoleh 98,20 %, selanjutnya nilai UA sebesar 81,95 % didapatkan bahwa penggunaan *Excavator* Hitachi EX 2500 hanya digunakan sebesar 81,95 % pada bulan Oktober 2020, serta nilai EU sebesar 80,74 %. Dapat disimpulkan bahwa kondisi alat gali muat *excavator* Hitachi EX 2500 dalam keadaan baik karena pada perusahaan kondisi ideal UA dari alat adalah sebesar 60%, MA sebesar 85%, PA 85% serta EU sebesar 70%.

(1) Efisiensi Kerja

Effisiensi Kerja adalah jumlah waktu sesungguhnya yang digunakan untuk melakukan kegiatan penambangan. Berdasarkan pengambilan data didapatkan efisiensi kerja adalah 68 %

(2) *Swell Factor*

Swell factor adalah faktor pengembangan batuan didapatkan dari perbandingan antara *density bank* dan *density loose* batu kapur area PNB 6. *Density bank* sebesar 2,63 ton/m³ dan *density loose* sebesar 1,55 ton/m³. berdasarkan data tersebut didapatkan nilai *swell factor* sebesar 0,59.

(3) *Bucket Fill Factor*

Nilai bucket *fill factor* pada penambangan batu kapur area PNBP dengan besaran nilai 0,8 atau 80% dari kapasitas *bucket*, dikarenakan material berbentuk kerikil dan bongkahan yang sulit digali tetapi mampu dimuati oleh *bucket* alat gali muat hingga kondisi akhir munjung.

(4) Jumlah Pengisian *Bucket*

Jumlah pengisian *bucket* merupakan jumlah siklus pemuatan material batu kapur oleh alat gali muat untuk mengisi *vessel* alat angkut hingga terisi penuh. Berdasarkan pengamatan di lapangan, jumlah pengisian *bucket* (*passing*) dalam pengisian *vessel* sebanyak 5 kali *passing*.

(5) Waktu Edar Alat Mekanis (*Cycle Time*)

Waktu edar adalah waktu yang diperlukan alat berat untuk menyelesaikan suatu proses; mulai dari gerakan awal hingga akhir dan kembali ke awal.

Tabel 6. Rekapitulasi data *Fleet* blok PNBP

Unit	Jumlah Alat (unit)	Kapasitas <i>Bucket</i>	<i>Bucket Fill Factor</i> (%)	Effisiensi Kerja (%)	<i>Cycle Time</i> (detik)
<i>Excavator Hitachi EX 2500-6</i>	1	15 m ³	0.8	0.68	41,94
<i>Dump Truck Komatsu HD 785-7</i>	5	100 Ton	80	0.7	1.822,23

(6) Produktivitas Aktual Alat Gali Muat

Berdasarkan data dapat dihitung produktivitas alat gali-muat menurut (Partanto, 1996) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Q = \frac{qx3600 xEf}{\frac{Ctm}{(q1xk)x3600 xEf}}$$

$$= \frac{Ctm}{(15 m^3 x 0,8)x3600 x0,68}$$

$$= \frac{41,94}{700,429}$$

$$= 700,429 \text{ Bcm/Jam}$$

$$= 700,429 \text{ bcm} \times \text{Sf} \times \text{Density}$$

$$= 700,429 \text{ bcm} \times 0,59 \times 2,63 \text{ ton/bcm}$$

$$= 1.086,85 \text{ Ton}$$

b) Alat Angkut

(1) Kondisi Alat Angkut

Pada penambangan Area PNBP 6 PT. Semen Padang menggunakan alat angkut yaitu unit *Dump Truck* HD 785-7 sebanyak 5 Unit yaitu unit *Dump Truck* dengan kode DK 15, DK 16, DK 17, DK 18, dan DK 19.

(2) Jam Kerja Alat

Berikut merupakan data jam kerja 5 unit *Dump Truck* HD 785-7 pada bulan Oktober 2020:Tabel Jam Kerja Alat Angkut di Area PNBP 6 Bulan Oktober 2020 :

Tabel 7. Jam Kerja dan *Effective Working Hours* Unit DT blok PNBP

Kode DT	Work (jam)	Standby (jam)	Break-down (jam)	PA	MA	UA	EU
DK 15	138	120	12	95,56%	92,00%	53,49%	51,11%
DK 16	150	120	0	100,00%	100,00%	55,56%	55,56%
DK 17	149	120	1	99,63%	99,33%	55,39%	55,19%
DK 18	145	120	5	98,15%	96,67%	54,72%	53,70%
DK 19	145	120	4	98,51%	97,32%	54,72%	53,90%

Sumber : *Perencanaan Tambang PT. Semen Padang 2020*

Dapat disimpulkan bahwa kondisi alat angkut dalam keadaan kurang baik karena belum berada kondisi ideal UA dari alat kecil dari 60%, MA sebesar 85%, PA besar 85% serta EU kecil dari. 70%.

c) Produktivitas Alat Angkut

Berdasarkan pengumpulan data dan perhitungan data dilapangan, diperoleh produktifitas aktual 5 unit *dumprtruck* HD 785-7 adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{Cx3600 xEf}{\frac{Ctm}{(nxq 1 xK)x 3600 xEf}}$$

$$= \frac{Ctm}{(5 x 15 m^3 x 0,8)x 3600 x 0,7}$$

$$= \frac{1822,23}{82.975}$$

$$= 82.975 \text{ Bcm/Jam}$$

$$= 82.975 \text{ Bcm/Jam} \times 0,59 \times 2,63 \text{ Ton/M}^3$$

$$= 128.752 \text{ Ton/Jam}$$

Berdasarkan perhitungan produktifitas unit *dumprtruck* HD 785-7 yaitu 128.75 Ton/Jam maka total produksi batu kapur yang dapat *supply* dari Area PNBP 6 dengan 5 unit *dumprtruck* yaitu 643.76 Ton/Jam sehingga belum mencapai target produksi yaitu sebesar 1.200 Ton/Jam.

d) Analisis Keserasian (*Match Factor*)

Keserasian kerja alat mekanis dapat dianalisa berdasarkan data waktu edar alat mekanis (*cycle time*) jumlah dari masing alat yang bekerja, dan banyak siklus pengisian oleh alat gali muat untuk mengisi alat angkut hingga penuh. Nilai keserasian kerja alat mekanis dianalisa dengan rumus sebagai berikut :

Diketahui :

Jumlah Alat angkut (Na) = 5 Unit

Jumlah Alat Gali Muat (Nm) = 1 Unit

Banyak Pengisian (n) = 5

Waktu Edar Alat Gali-Muat (Ctm) = 41,94 detik

Waktu Edar Alat Angkut (Cta) = 1.822,23 Detik

$$MF = \frac{Nax (nx Ctm)}{5 unitx (5 x 41,94 Detik)}$$

$$= \frac{1 Unitx 1822,23 Detik}{1822,23 Detik}$$

$$= 0,57$$

Hasil analisa menjelaskan bahwa nilai faktor keserasian alat mekanis yang memuat batu kapur di area PNBP 6 secara aktual kurang dari

1. Dimana faktor kerja alat gali muat sudah maksimal, sedangkan faktor kerja alat angkut belum dapat mencapai maksimal. Sehingga terdapat waktu tunggu pada unit *excavator*.

2) Blok PLB

a) Alat Gali Muat

Pada lokasi penambangan PLB unit alat galimuat yang digunakan sebagai alat muat yaitu unit *Excavator* Catterpillar 6030 dengan kode alat penamaan PT. Semen Padang yaitu EC 3.

(1) Data Kondisi Penambangan

Operasi penambangan batu kapur area PLB dimulai dari kegiatan peledakan (*blasting*) untuk memberaikan batuan kemudian batu kapur hasil *blasting* dimuat pada alat angkut. Setelah itu, dilakukan pengangkutan batu kapur menuju lokasi *dumping* pada *Limestone Crusher* VI untuk diremukkan agar mendapatkan ukuran material yang diinginkan.

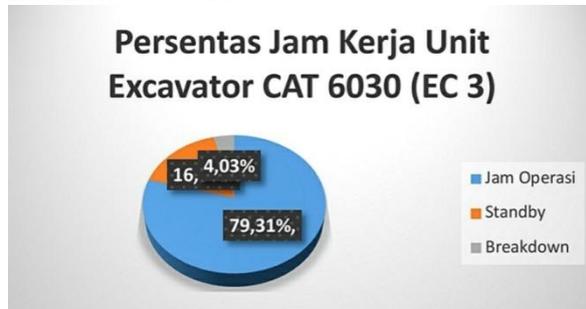
(2) Data Jam Kerja Alat

Berikut merupakan data jam kerja unit *Excavator* Catterpillar 6030 di Bulan Oktober 2020.

Tabel 8. Jam Kerja Unit *Excavator* Catterpillar 6030

Jam Tersedia	Jam Kerja	Jam Standby	Jam Breakdown
720 jam	571 jam	120 jam	29 jam

Berikut merupakan persentase data jamkerja alat gali muat *Excavator* CAT 6030.



Gambar 2. Diagram Data Jam Kerja Unit *Excavator* CAT 6030

Dari data jam kerja *excavator* CAT 6030 dapat diperoleh perhitungan PA MA UA dan EU dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9. *Availability* unit *Excavator* CAT 6030

PA	MA	UA	EU
95,97%	95,17%	82,63%	79,31%

Dari perhitungan diperoleh nilai PA 95,97 % ketersediaan fisik dari alat *Excavator* Catterpillar CAT 6030 bulan Oktober 2020, untuk MA ketersediaan mekanik alat diperoleh 95,17 %, selanjutnya nilai UA sebesar 82,63 % didapatkan bahwa penggunaan *Excavator* CAT 6030 hanya digunakan sebesar 82,63 % pada bulan Oktober 2020, serta nilai EU sebesar 79,31 %. Dapat disimpulkan bahwa kondisi alat gali

muat *excavator* Catterpillar CAT 6030 dalam keadaan baik karena pada perusahaan kondisi ideal UA dari alat adalah sebesar 60%, MA sebesar 85%, PA 85% serta EU sebesar 70%.

b) Produktivitas Aktual

Tabel 10. Rekapitulasi data *Fleet* Blok PLB

Unit	Jumlah Alat (unit)	Kapasitas Bucket	Bucket Fill Factor (%)	Effisiensi Kerja (%)	Cycle Time (detik)
<i>Excavator</i> Catterpillar CAT 6030	1	15 m ³	0.8	0.68	34,41
<i>Dump Truck</i> Komatsu HD 785-7 / 777 D/E	3	100 Ton	80	0.7	594,05

c) Produktivitas Alat Gali Muat Aktual

Berdasarkan data yang diambil di lapangan, dapat dihitung produktifitas alat galimuat menurut (Partanto, 1996) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{q \times 3600 \times Ef}{Ctm} \\
 &= \frac{(15 \text{ m}^3 \times 0,8) \times 3600 \times 0,68}{34,41} \\
 &= 853.705 \text{ Bcm/Jam} \\
 &= 853.705 \text{ bcm/jam} \times Sf \times \text{Density} \\
 &= 853.705 \text{ bcm/jam} \times 0,59 \times 2,63 \text{ ton/bcm} \\
 &= 1.324,65 \text{ Ton /Jam}
 \end{aligned}$$

3) Alat Angkut

a) Kondisi Alat Angkut

Pada penambangan blok PLB PT. Semen Padang menggunakan alat angkut yaitu unit *dumpruck* HD 785-7/777 D sebanyak 3 Unit yaitu unit *dumpruck* dengan kode DC 9, DC 10 dan DK 12.

b) Jam Kerja Alat

Berikut merupakan data jam kerja 3 unit *dumpruck* HD 785-7/ 777 D pada bulan Oktober 2020.

Dapat disimpulkan bahwa kondisi alat angkut dalam keadaan kurang baik karena belum berada kondisi ideal UA dari alat kecil dari 60%, MA sebesar 85%, PA besar 85% serta EU kecil dari. 70%.

c) Produktivitas Alat Angkut

Berdasarkan pengumpulan data dan perhitungan data dilapangan, diperoleh produktifitas aktual 3 unit *dumpruck* HD 785-7 / 777 D adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{C \times 3600 \times Ef}{Ctm} \\
 &= \frac{(3 \times 100 \text{ m}^3 \times 0,8) \times 3600 \times 0,7}{594,05} \\
 &= 254.524 \text{ Bcm/Jam} \\
 &= 254.524 \text{ Bcm/Jam} \times 0,59 \times 2,63 \text{ Ton/M}^3 \\
 &= 394.944 \text{ Ton/Jam}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan produktifitas unit *dumpruck* HD 785-7 yaitu 394.944 Ton/Jam maka total produksi batu kapur yang dapat ter-supply dari

blok PLB dengan 3 unit *dumpruck* yaitu 1.184,83 Ton/Jam sehingga belum mencapai target produksi yaitu sebesar 1.200 ton/Jam.

d) Analisis *Match Factor*

Keserasian kerja alat mekanis dapat dianalisa berdasarkan data waktu edar alat mekanis (*cycle time*) jumlah dari masing alat yang bekerja, dan banyak siklus pengisian oleh alat gali muat untuk mengisi alat angkut hingga penuh. Nilai keserasian kerja alat mekanis dianalisa dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} & : \\ \text{Jumlah Alat angkut (Na)} & = 3 \text{ Unit} \\ \text{Jumlah Alat Gali Muat (Nm)} & = 1 \text{ Unit} \\ \text{Banyak Pengisian (n)} & = 5 \\ \text{Waktu Edar Alat Gali-Muat (Ctm)} & = 34,41 \text{ detik} \\ \text{Waktu Edar Alat Angkut (Cta)} & = 594,05 \text{ Detik} \\ \text{MF} & = \frac{Nax (nxCtm)}{NmxCta} \\ & = \frac{3 \text{ unit} \times (5 \times 34,41 \text{ Detik})}{1 \text{ Unit} \times 594,05 \text{ Detik}} \\ & = 0,86 \end{aligned}$$

Hasil analisa menjelaskan bahwa nilai faktor keserasian alat mekanis aktual kurang dari 1. Dimana faktor kerja alat gali muat sudah maksimal, sedangkan faktor kerja alat angkut belum dapat mencapai maksimal. Sehingga terdapat waktu tunggu pada unit *excavator*.

d. Produktivitas Berdasarkan Data Aktual Lapangan

Berdasarkan data aktual yang didapatkan di lapangan dan analisis data perhitungan produktivitas dan produksi batu kapur yang dimuat untuk *dumping* ke *crusher* LSC 6 didapatkan.

Dilakukan perhitungan produktifitas unit alat muat dan alat angkut yang *running* di masing-masing lokasi penambangan. Produksi aktual dihitung dengan cara mengalikan produktifitas unit alat angkut aktual dengan jumlah alat angkut kemudian dikalikan dengan waktu jam kerja rata-rata alat muat masing-masing lokasi perbulannya.

Didapatkan estimasi produksi batu kapur di blok PNBP yaitu 350.849,2 Ton per bulan dan blok PLB 676.537,9 ton per bulan.

2. Optimasi Produksi Dengan Metoda Kapasitas Produksi *Match Factor*

Untuk mendapatkan produktifitas dan produksi batu kapur secara optimal dilakukanlah analisis terhadap keserasian alat (*match factor*) dengan mencari keserasian optimal pada unit alat gali muat dan alat angkut.

a. Blok PNBP

Setelah dilakukan perhitungan keserasian alat muat dan alat angkut didapatkan angka MF di area penambangan PNBP yaitu 0,57. Hasil analisa menjelaskan bahwa nilai faktor keserasian alat mekanis aktual kurang dari 1. Dimana faktor kerja alat gali muat sudah maksimal, sedangkan faktor kerja alat angkut belum dapat mencapai maksimal. Sehingga terdapat waktu tunggu pada unit *excavator*.

Guna menghilangkan waktu tunggu dilakukan simulasi untuk meningkatkan faktor keserasian alat yang baik untuk mencapai MF = 1. Dilakukan analisis kembali untuk menentukan jumlah *dumpruck* yang digunakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Alat angkut (Na)} & = X \text{ Unit} \\ \text{Jumlah Alat Gali Muat (Nm)} & = 1 \text{ Unit} \\ \text{Banyak Pengisian (n)} & = 5 \\ \text{Waktu Edar Alat Gali-Muat (Ctm)} & = 41,94 \text{ detik} \\ \text{Waktu Edar Alat Angkut (Cta)} & = 1822,23 \text{ Detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MF} & = \frac{Nax (nxCtm)}{NmxCta} \\ 1 & = \frac{X \text{ unit} \times (5 \times 41,94 \text{ Detik})}{1 \text{ Unit} \times 1822,23 \text{ Detik}} \\ X & = \frac{1 \times 1 \text{ Unit} \times 1822,23 \text{ Detik}}{5 \times 41,94} \\ & = 9 \text{ Unit } \textit{Dump Truck}. \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan keserasian unit alat gali muat yang sempurna dengan *match factor* = 1 dibutuhkan 9 unit *dumpruck* HD 785 yang *loading* di *Excavator* Hitachi 2500. Dalam arti kata lain perlu penambahan 4 buah *dumpruck* HD 785 untuk mendapatkan *match factor* 1.

b. Blok PLB

Setelah dilakukan perhitungan dan analisis keserasian alat muat dan alat angkut didapatkan nilai *match factor* pada area penambangan PLB yaitu dengan nilai 0,86. Hasil analisa menjelaskan bahwa nilai faktor keserasian alat mekanis aktual kurang dari 1. Dimana faktor kerja alat gali muat sudah maksimal, sedangkan faktor kerja alat angkut belum dapat mencapai maksimal. Sehingga terdapat waktu tunggu pada unit *excavator*.

Guna menghilangkan waktu tunggu dilakukan simulasi untuk meningkatkan faktor keserasian alat yang baik untuk mencapai MF = 1. Dilakukan analisis kembali untuk menentukan jumlah *dumpruck* yang digunakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Alat angkut (Na)} & = X \text{ Unit} \\ \text{Jumlah Alat Gali Muat (Nm)} & = 1 \text{ Unit} \\ \text{Banyak Pengisian (n)} & = 5 \\ \text{Waktu Edar Alat Gali-Muat (Ctm)} & = 34,41 \text{ detik} \\ \text{Waktu Edar Alat Angkut (Cta)} & = 594,05 \text{ Detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MF} & = \frac{Nax (nxCtm)}{NmxCta} \\ 1 & = \frac{X \text{ unit} \times (5 \times 34,41 \text{ Detik})}{1 \text{ Unit} \times 594,05 \text{ Detik}} \\ X & = 3,45 \end{aligned}$$

untuk mendapatkan nilai keserasian alat gali-muat MF=1 diperlukan jumlah *dumpruck* 3,45 akan tetapi jumlah *dumpruck* tidak bisa diangka kurang dari 1 maka dibulatkan menjadi 3. Dapat disimpulkan bahwa untuk mencapai keserasian alat gali muat yang paling ideal 3 unit *dumpruck* HD 785 sudah dalam kondisi sangat baik.

c. Optimasi Produksi dengan Metoda *Match Factor*

Dilakukan perhitungan produktivitas unit alat muat dan alat angkut yang *running* di masing-masing lokasi penambangan. Produksi simulasi dihitung berdasarkan perhitungan dan analisis menggunakan metoda *match factor* dengan cara mengalikan

produktivitas unit alat angkut aktual dengan jumlah alat angkut kemudian dikalikan dengan waktu jam kerja rata-rata alat muat masing-masing lokasi perbulannya.

Didapatkan estimasi produksi batu kapur di blok PNBPN yaitu 631.529,65 Ton per bulan dan blok PLB 676.537,9 ton per bulan.

Dengan penerapan metoda match factor ideal MF = 1 didapatkan peningkatan produksi bulanan menjadi 280.680,55 Ton/Bulan dengan peningkatan produksi 27,31%.

3. Optimasi Produksi Dengan Analisis Fishbone

a. Analisis Diagram Fishbone

1) Faktor Manusia

Salah satu penyebab tidak tercapainya produktivitas adalah faktor manusia yang menyebabkan *loss time* dan kehilangan waktu jam kerja efektif.

a) Terlambat mulai beroperasi

Keterlambatan memulai operasi sering kali ditemukan di lapangan yakni di awal mulai *shift* dan sesudah jam istirahat. Rata-rata keterlambatan mulai beroperasi yaitu 30 menit untuk awal *shift* dan 15 menit setelah istirahat makan.

b) Terlalu cepat istirahat

Pada pengamatan di lapangan terlalu cepat istirahat seringkali ditemukan yaitu rata - rata 15 menit untuk istirahat makan siang.

c) Safety Talk

Safety talk dilaksanakan setiap hari rabu kurang lebih 1 jam, sehingga menghilangkan jam kerja efektif 1 jam dalam 1 minggu. Biasanya *safety talk* dilaksanakan setiap rabu pagi.

d) Terlalu cepat berhenti bekerja

Berdasarkan pengamatan di lapangan seringkali ditemukan operasi *loading hauling* berhenti sebelum jam kerja selesai, hal ini disebabkan untuk *preparing* pergantian *shift* dan hal lainnya.

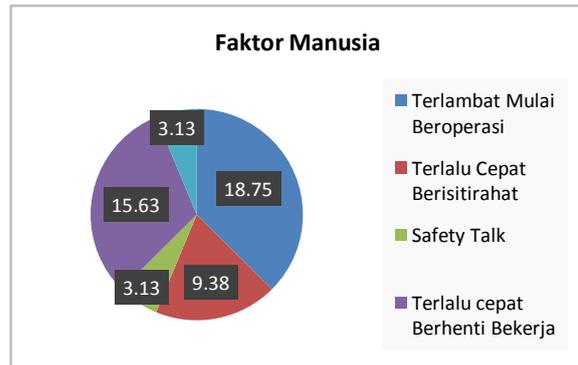
e) Briefing

Briefing dilakukan sebelum memulai pekerjaan, tetapi hal ini tidak berpengaruh signifikan karena hanya dilakukan beberapa menit saja.

Besarnya persentase faktor manusia dari analisis diagram *fishbone* dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

Tabel 11. Persentase Faktor Manusia pada Analisis Diagram *Fishbone*

Manusia	Time Per Shift	Time Per Day	Time Per Month	Persentase
Terlambat Mulai Beroperasi	30	90	2700	18.75%
Terlalu Cepat Beristirahat	15	45	1350	9.38%
Safety Talk	5	15	450	3.13%
Terlalu cepat Berhenti Bekerja	25	75	2250	15.63%
Briefing	5	15	450	3.13%
Jumlah	80	240	7200	50.00%



Gambar 3. Persentase Faktor Manusia pada Analisis Diagram *Fishbone*

2) Faktor Peralatan

Salah satu penyebab tidak tercapainya produktivitas adalah faktor peralatan yang menyebabkan *loss time* dan kehilangan waktu jam kerja efektif.

a) Pemanasan Mesin dan *Prepare*

Pada kegiatan ini, setelah dilakukan pengamatan di lapangan, rata - rata didapatkan *loss time* sebesar 30 menit untuk kegiatan Pengisian bahan bakar, pengecekan alat dan persiapan sebelum operasi.

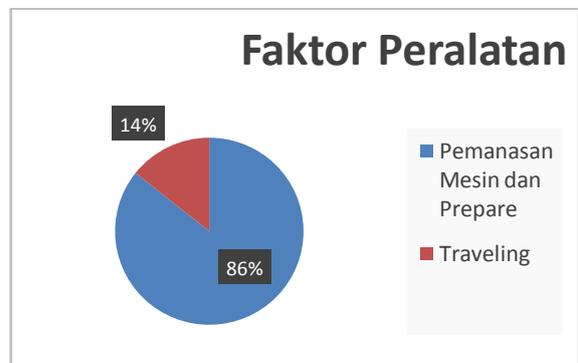
b) *Travelling Unit* ke *Front Loading*

Dikarenakan unit *dump truck* tidak di parkir di *front loading* maka dibutuhkan waktu untuk perindahan unit yang menyebabkan kehilangan jam kerja efektif.

Besarnya persentase faktor peralatan dari analisis diagram *fishbone* dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

Tabel 12. Persentase Faktor Peralatan pada Analisis Diagram *Fishbone*

Peralatan	Time Per Shift	Time Per Day	Time Per Month	Persentase
Pemanasan Mesin dan <i>Prepare</i>	30	90	2700	18.75%
Traveling	5	15	450	3.13%
Jumlah	35	105	3150	21.88%



Gambar 4. Persentase Faktor Peralatan pada Analisis Diagram *Fishbone*

3) Faktor Lingkungan

a) Cuaca

Pada kegiatan *Loading Hauling* di waktu hujan kegiatan operasi di *standby* kan dikarenakan jalan licin dan tidak *safety* apabila diteruskan dengan cuaca hujan.

b) Kondisi Jalan

Pada cuaca setelah hujan kondisi jalan menjadi licin butuh waktu untuk *scrup* jalan *hauling* agar tidak licin. Dan kemiringan jalan yang curam berpengaruh terhadap *hauling* unit dari *front* ke *stockpile*.

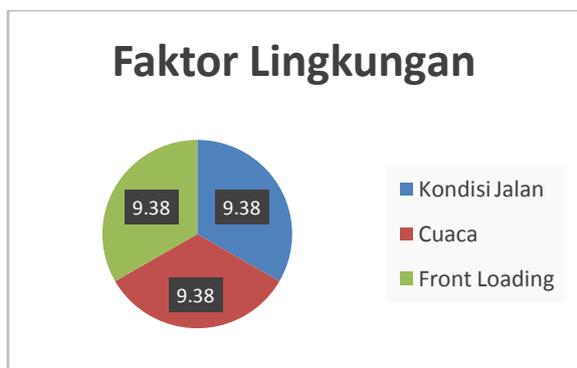
c) Kondisi *Front*

Sebelum memuat *excavator* memperbaiki *front loading* terlebih dahulu agar *safety* dalam pemuatan dengan berbagai pola pemuatan.

Besarnya persentase faktor lingkungan dari analisis diagram *fishbone* dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

Tabel 13. Persentase Faktor Lingkungan pada Analisis Diagram *Fishbone*

Lingkungan	Time Per Shift	Time Per Day	Time Per Month	Persentase
Kondisi Jalan	15	45	1350	9.38%
Cuaca	15	45	1350	9.38%
<i>Front Loading</i>	15	45	1350	9.38%
Jumlah	45	135	4050	28.13%

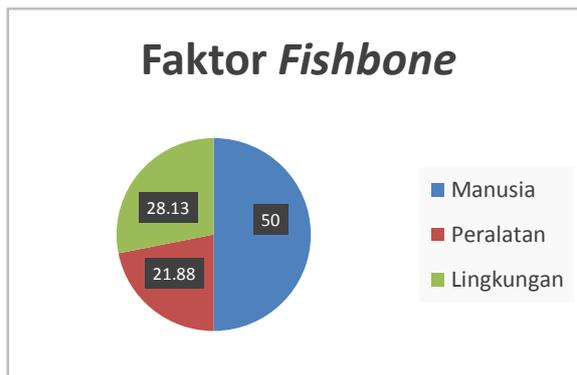


Gambar 5. Persentase Faktor Lingkungan pada Analisis Diagram *Fishbone*

Besarnya persentase dari masing – masing faktor dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

Tabel 14. Persentase Masing–masing Faktor pada Analisis Diagram *Fishbone*

Faktor	Time Per Shift	Time Per Day	Time Per Month	Persentase
Manusia	80	240	7200	50.00%
Peralatan	35	105	3150	21.88%
Lingkungan	45	135	4050	28.13%
Jumlah	160	480	14400	100%



Gambar 6. Persentase Masing–masing Faktor pada Analisis Diagram *Fishbone*

a) **Eliminasi *Loss Time***

Untuk meningkatkan produksi batu kapur di area penambangan PNBP dan PLB dianalisis menggunakan metoda kapasitas produksi dengan Eliminasi *loss time* yaitu menghilangkan dan meminimalisir waktu *standby time* yakni hambatan dan jam kerja yang hilang, sehingga akan menyebabkan penambahan jam kerja yang akan berdampak terhadap peningkatan produksi batu kapur baik di blok PNBP dan PLB.

Setelah dilakukan analisis fishbone terhadap permasalahan didapatkan *idle time* yang dapat di eliminasi yaitu 50 menit dalam 1 *shift*. PT Semen Padang memiliki waktu kerja 3 shift sehingga dengan penerapan eliminasi *losstime* dapat menambah jam kerja efektif 150 menit atau 2 jam 30 menit. Dengan meningkatnya jam kerja efektif sehingga akan berdampak terhadap peningkatan produksi batu kapur pada blok penambangan PNBP dan PLB.

b) **Simulasi Peningkatan Produksi dengan Metoda Eliminasi *Loss Time***

Simulasi peningkatan produksi dengan penerapan metoda *fishbone* mengalami peningkatan 13,34% yaitu sebesar 137.144,38Ton. Selanjutnya dapat dihitung jumlah produksi dalam 1 bulan yaitu sebagai berikut :

Tabel 15. Optimasi Poduksi dengan Penerapan Metode *Fishbone*

Lokasi	Unit Alat Berat	Jumlah (unit)	Produktivitas /Jam (ton)	Produksi/ Jam (ton)	Estimasi Produksi/Bulan (ton)	Total Produksi (ton)
PNBP	<i>Excavator</i> Hitachi EX 2500	1	1.086,85	643,76	399.131,20	1.164.531,38
	<i>Dump truck</i> HD 785	5	128,75			
PLB	<i>Excavator</i> CAT 6030	1	1.324,65	1.184,83	765.400,18	
	<i>Dump truck</i> HD 785	3	394,94			

e. **Optimasi Produksi dengan Menggunakan Metode *Linear Programming Simplex***

a. **Penentuan Variabel dan Fungsi Tujuan Optimasi**

Setelah diperoleh hasil dari perhitungan produktivitas pada masing-masing alat muat maupun

alat angkut. Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai optimasi produksi dengan mengoptimalkan jumlah alat angkut HD 785 unit yang *ready*. Dalam perhitungan jumlah *dump truck* optimal dianalisis dengan *linear programming* dengan metoda simpleks.

Dalam perhitungan jumlah *dump truck* dengan analisis metoda simpleks diperlukan data produktivitas, data jumlah unit dan data produksi unit alat gali muat.

Langkah langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan Variabel
 X_1 = Jumlah *Dump Truck* yang *Loading* di PNB
 X_2 = Jumlah *Dump Truck* yang *Loading* di PLB
- 2) Menentukan Batasan Batasan
 $X_1 + X_2 \leq 11$

Persamaan ini muncul dikarenakan jumlah unit *dump truck* HD 785-7/ HD 777 E yang *ready* yaitu sebanyak 11 unit.

$$P_1 X_1 \leq 1.086,85$$

$$128,753 X_1 \leq 1.086,85$$

Persamaan ini muncul dikarenakan produktivitas alat muat di PNB yaitu *Excavator* Hitachi Ex 2500 yaitu 1086,85 Ton/Jam. Sedangkan 128,753 merupakan produktivitas *dump truck* yang *loading* di PNB.

$$P_2 X_2 \leq 1.324,65$$

$$394,94 X_2 \leq 1.324,65$$

Persamaan ini muncul dikarenakan produktivitas alat muat di PLB yaitu *Excavator* Catterpillar 6030 yaitu 1324,65 Ton/Jam. Sedangkan 394,94 merupakan produktivitas *dump truck* yang *loading* di PLB.

- 3) Menentukan Tujuan (Maksimasi dan Minimasi)
 Fungsi tujuan minimasi ditentukan agar didapatkan keserasian dan target produksi yang optimum dengan biaya yang minimum, adapun biaya *dump truck* di blok PNB yaitu 0,835 USD/Ton dan di blok PLB yaitu 0,785 USD/Ton sehingga didapatkan fungsi tujuan sebagai berikut
 $Z(\min/\max) = C_1 X_1 + C_2 X_2$
 $Z(\min/\max) = 0,835 X_1 + 0,785 X_2$

Setelah dilakukan langkah tersebut selanjutnya dilanjutkan dengan pemecahan persoalan dalam hal ini pemecahan metoda simpleks dilakukan dengan menggunakan program POM for Windows.

b. Program POM for Windows

Variabel persoalan dan batasan - batasan yang telah ditentukan dengan diikuti tujuan dari permasalahan tersebut. Penyelesaian yang dilakukan dengan menggunakan Program POM for Windows yang membantu menyelesaikannya dengan mudah dan cepat. Langkah - langkah menggunakan Program POM for Windows sebagai berikut :

- 1) Buka Program POM for Windows
- 2) Pilih *Linear Programming* pada *Module*
- 3) Klik *new* pada menu *file*
- 4) Menentukan variabel, batasan dan tujuannya

Tabel 16. Tabel *Linear Programming* Untuk

SoftwarePOM QMforWindows

	X1	X2		RHS
<i>Maximize</i>	0,835	0,785		
<i>Constraint 1</i>	1	1	\leq	10
<i>Constraint 2</i>	128.75	0	\leq	1.086.85
<i>Constraint 3</i>	0	394.84	\leq	1.324.65

- 5) Setelah data tersebut di input, klik SOLVE, maka akan tampil keluaran atau solusi dari permasalahan tersebut

Setelah dilakukan pemecahan masalah menggunakan program *POM for Windows*, hasil dari program tersebut dapat dilihat pada Tabel 17 berikut ini.

Tabel 17. Hasil simulasi dengan program *POM for Windows*

Unit	Jumlah Unit Simulasi LP <i>POM for Windows</i>	Jumlah Unit Simulasi LP (Pembulatan)
<i>Excavator</i> Hitachi EX 2500	8,44	8
<i>Excavator</i> CAT 6030	3,35	3

c. Perhitungan Manual Program Linear Simpleks

Pada perhitungan manual dalam metode simpleks dilakukan dengan membuat Tabel Simpleks (dapat dilihat pada Tabel 28) yang dilakukan setelah menentukan variabel persoalan, batasan – batasan dan fungsi tujuan. Selanjutnya menentukan kolom kunci dan baris kunci. Kolom kunci adalah kolom yang memiliki negatif angkaterbesar, Sedangkan baris kunci adalah baris yang memiliki indeks terkecil atau positif terkecil.

$$Z_{min} = Z = 0,835 X_1 + 0,785 X_2$$

$$X_1 + X_2 \leq 11$$

$$128,752 x_1 \geq 1.086,85$$

$$394,94 x_2 \geq 1.324,65$$

$$\text{Jawab : } X_1 + X_2 + S_1 = 11$$

$$128.752 x_1 - S_2 + R_1 = 1.086,85$$

$$394,94 x_2 - S_3 + R_2 + R_3 = 1.324,65$$

$$Z = 0,835X_1 + 0,785X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + MR_1 + MR_2 + MR_3$$

$$R_1 = 1.086,85 - 128.752 x_1 + S_2$$

$$R_2 + R_3 = 1.324,65 - 394,94 x_2 + S_3$$

$$Z = 0,835X_1 + 0,785X_2 + M(1.086,85 - 128.752 x_1 + S_2) + M(1.324,65 - 394,94 x_2 + S_3)$$

$$= X_1 (0,835 - 128.752 M) + X_2 (0,785 - 394,94 M) + MS_2 + MS_3 + (1.086,5 M + 1.324,65 M)$$

$$= X_1(-127.917) + X_2(-394,155) + MS_2 + MS_3 + 2.411,5 M$$

Selanjutnya masukan angka di atas dalam tabel simplek seperti pada tabel dibawah ini. Dan dilanjutkan dengan membuat tabel iterasi seperti pada tabel 18 di bawah ini.

Tabel 18. Tabel Iterasi dengan Metoda Simplek

1	Basic	Z	X1	X2	S1	R1	S2	S3	R3	NK
	Z	1	-127.918	-394.155	0	0	1	1	0	2.411,5
	S1	0	1	1	1	0	0	0	0	10
	R1	0	128.753	0	0	1	-1	0	0	1.086,85
	R2	0	0	394,94	0	0	0	1	-1	1.324,65

Pada Tabel terdapatnya variable - variabel X1, X2, sebagai variabel basis yang merupakan variabel yang nilainya bukan nol pada sembarang iterasi dan variabel *slack* untuk solusi awalnya. Kemudian S1 sebagai variabel *surplus* yang nantinya variabel ini dikurangkan dari fungsi batasan untuk mengkonversikan pertidaksamaan namun pada solusi awal variabel ini tidak dapat difungsikan sebagai variabel basis. Kemudian variabel S1, S2, dan S3 sebagai variabel buatan yang variabel ini harus bernilai 0 pada solusi optimal karena variabel ini hanya ada di kertas. Untuk variabel R1, R2 dan R3 merupakan variabel non basis yang nilainya diatur menjadi 0 pada sembarang iterasi. Lalu pada nilai kanan (NK) atau solusi sebagai nilai pembatas dari perhitungan yang belum dilakukan.

Pada Tabel Simpleks di atas dapat dilihat kolom kunci terdapat pada kolom variabel X2 yang bertanda kuning karena pada kolom tersebut terdapat nilai negatif terbesar yaitu -394.155. Untuk mencari baris kunci, maka nilai kanan (NK) dibagi dengan nilai kolom kunci. Dari hasil pembagian tersebut cari nilai positif terkecil. Pada tabel simpleks diatas bahwasannya baris kunci terdapat pada baris R1 yang bertanda hijau. Dengan nilai kunci pada baris tersebut adalah 128.753.

Kemudian dilanjutkan dengan membuat Tabel Iterasi. Pada iterasi 1, Karena 128.753 adalah angka perpotongan antara baris kunci dan kolom kunci. Selanjutnya 128.753 dijadikan agar nilainya menjadi 1 dengan cara atau membagi atau mengalih dengan suatu angka

Setelah diperoleh nilai 1 pada perpotongan baris kunci, dilanjutkan dengan mengubah nilai variabel Z dimana sebagai fungsi tujuan menjadi nilai positif dengan cara variabel Z ditambahkan dengan variabel X1 dikali dengan 128.753.

Untuk nilai pada variabel surplus (S1) dikurangkan dengan variabel *slack* dimana bertujuan untuk menkonversikan pertidaksamaan.

Diperoleh Tabel Iterasi 1 (dapat dilihat pada Tabel 29). Dari perhitungan tersebut diperoleh nilai kanan NK pada variabel Z 1.324,65, untuk nilai kanan (NK) variabel X1 yaitu 8.441,3.

Namun, pada Iterasi 1 nilai variabel Z masih bernilai negatif sehingga perlu dilakukan iterasi selanjutnya untuk mendapatkan nilai positif pada variabel Z. Pada iterasi ke-2, baris kunci terletak pada baris basis R2 dimana hasil nilai variabel pada baris kunci tersebut dari pembagian antara nilai kanan (NK) dengan kolom kunci bernilai positif terkecil. Pertama,

variabel X2 pada baris R2 dijadikan agar nilainya menjadi 1 maka dari itu variabel basis R2 dibagi dengan suatu angka yaitu 394.94 Setelah dilakukan pembagian pada variabel basis R2 sehingga nilai variabel X2 pada baris R2 menjadi 1, variabel basis R2 tersebut menjadi variabel *slack* terhadap variabel basis Z untuk mendapatkan variabel Z bernilai positif. Langkah selanjutnya yaitu pada variabel *surplus*, dimana untuk menjadikan variabel tersebut bernilai 0 variabel surplus dikurangi dengan variabel basis X2 yang merupakan barisbarudaribarisR2yangvariabelnyatelahmenjadi 1.

Pada penyelesaian permasalahan menggunakan perhitungan manual, pemecahan masalah berakhir pada iterasi ke-3. Sehingga diperoleh jumlah *dumpruck* sebanyak 11 unit. Hasil dari perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel . Kemudian, hasil dari pemecahan masalah menggunakan program dan perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel dimana hasil dari kedua cara pemecahan masalah tersebut adalah sama atau sesuai, Tabel Jumlah *Dumpruck* dengan Perhitungan manual.

Tabel 19. Hasil Simulasi dengan Metode Simpleks

Unit <i>Excavator</i>	Jumlah Unit <i>Dumpruck</i> Simulasi LP (Manual)	Jumlah Unit Simulasi LP (Pembulatan)
<i>Excavator</i> Hitachi EX 2500	8,44	8
<i>Excavator</i> Catterpillar 6030	3,35	3
Total	11,79	11

d. Simulasi Produksi dengan Penerapan Metoda *Linear Programming Simplex*

Berdasarkan analisis produksi dengan metoda *linear programmingsimplex* , optimasi produksi dapat dihitung dengan cara:

a. Blok PNBP

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Produktivitas alat angkut} \times \text{jumlah} \\
 &\text{optimasi unit alat angkut} \\
 &= 128,752 \text{ Ton/jam} \times 8 \text{ unit} \\
 &= 1.030,02 \text{ Ton/jam} \\
 P &= \text{Produktivitas optimasi alat angkut} \times \\
 &\text{waktu jam kerja alat muat} \\
 &= 1.030,02 \text{ Ton/Jam} \times 545 \text{ jam} \\
 &= 561.360,9 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

b. Blok PLB

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Produktivitas alat angkut} \times \text{jumlah} \\
 &\text{optimasi unit alat angkut} \\
 &= 394,94 \text{ Ton/jam} \times 3 \text{ unit} \\
 &= 1.184,83 \text{ Ton/jam} \\
 P &= \text{Produktivitas optimasi alat} \\
 &\text{angkut} \times \text{waktu jam kerja alat muat} \\
 &= 1.184,83 \text{ Ton/jam} \times 571 \text{ jam} \\
 &= 676.537,93 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Didapatkan produksi maksimum dengan biaya minimum pada blok PNBP yaitu 561.360,9 Ton/Bulan dan blok PLB sebesar 676.537,93 Ton/Bulan.

f. Optimasi Produksi Pada Blok PNBP dan PLB

Setelah dilakukan analisis dengan beberapa metode didapatkan nilai optimasi

yang bisa diterapkan yaitu dengan penerapan metode *fishbone* dengan *linear programming simplex*. Metode *match factor* kurang optimum untuk diterapkan karena jumlah *dump truck* tidak sesuai dengan yang tersedia. Sedangkan metode *linear programming simplek* memberikan solusi yang tepat karena jumlah optimasi alat angkut yang didapatkan sesuai dengan jumlah *dump truck* yang tersedia di penambangan PT. Semen Padang yaitu sebanyak 11 unit.

D. Kesimpulan dan Saran

a. Kesimpulan

Setelah melakukan melakukan analisis data, penulis mendapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam proses penambangan batu kapur, agar jumlah alat angkut dan alat gali muat serasi, dapat dihitung menggunakan metode *match factor*. Berdasarkan kondisi aktual total produksi pada blok PNB dan PLB dalam 1 bulan sebesar 1.027.387 Ton dengan 1 unit alat gali muat dan 5 unit alat angkut pada blok PNB dan 1 unit alat gali muat dan 3 unit alat angkut, setelah dievaluasi dengan metode *match factor* total produksi meningkat menjadi 1.308.067,55 Ton dengan 1 unit alat gali muat dan 9 unit alat angkut pada blok PNB dan 1 unit alat gali muat dan 3 unit alat angkut pada blok PLB..
2. Mengurangi *losstime* dapat dievaluasi menggunakan metode *fishbone*, yaitu dengan melihat akar-akar permasalahan penyebab *losstime*. Setelah dievaluasi dengan metode *fishbone*, didapatkan eliminasi *losstime* sebesar 75 jam. Total produksi pun meningkat dari 1.027.387 Ton menjadi 1.164.531,38 Ton.
3. Karena pada metode *match factor*, jumlah alat angkut yang didapat tidak sesuai dengan jumlah alat angkut yang tersedia di lokasi penambangan, maka selanjutnya dianalisis menggunakan metode *linear programming simplex*. Didapatkan total produksi sebesar 1.237.898,83 ton dengan 1 unit alat gali muat dan 8 unit alat angkut pada blok PNB dan 1 unit alat gali muat dan 3 unit alat angkut pada blok PLB. Target produksi sudah tercapai dan jumlah alat angkut yang didapat pun sesuai dengan jumlah alat angkut yang tersedia yaitu 11 unit.
4. Solusiyang paling tepat untuk mendapatkan jumlah produksi batu kapur optimal dengan biaya minimal pada blok PNB dan PLB yaitu dengan menerapkan metode *fishbone* dan *linear programming simplex* karena mencapai total produksi paling optimal dalam 1 bulan sebesar 1.404.012,58 Ton.

b. Saran

1. Dalam penelitian selanjutnya diharapkan dapat mempertimbangkan unit pendukung lainnya seperti *dozer* dan *grader* sehingga optimasi produksi bisa tercapai lebih baik lagi.
2. Perlu dilakukan juga dengan metode simulasi dalam riset operasi lainnya seperti metode transportasi, *integer programming* atau metode lain yang terkait dengan optimasi produksi khususnya di dunia Pertambangan.

E. Daftar Pustaka

- 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.
- Cacceta, L & Burt, C. (2013). Equipment Selection for Surface Mining : A Review. *Journal Interface*. 44 (2): 143-162
- Dwijanto. 2008. *Program Linear Berbantu Komputer: Lindo, Lingo dan Solver*. Semarang: UNNES Press.
- Heizer, J & Render, B (2006). *Manajemen Operasi*. Jakarta : Salemba Empat
- Junior, J., Koppe, J. & Costa, J. (2012). A Case Study Application of Linear Programming and Simulation to Mine Planning. *Journal of The Southern African Institute of Mining and Metalurgy*. 112, 477-484.
- Komatsu. (2009). *Specification and Application Handbook* , 30th Edition, Komatsu Ltd. Japan
- Morley, D., Joseph, T., & Lu, M. (2012). In Search Of the Ideal Truck-Excavator Combination. *Proceeding Departement of Civil and Environmental Engineering*, (pp 1-8). Canada : University of Alberta.
- Newman, A., Rubio, E., & Eurek, K. (2010). A Review of Operations Reserach in Mine Planning. *Journal Interface*. 40.222-245
- Sugiyono (2015). *Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods)*. Bandung: Alfabeta.
- Yanto Indonesianto. 2018. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional
- Dwijanto. 2008. *Program Linear Berbantu Komputer: Lindo, Lingo dan Solver*. Semarang: UNNES Press.