

Analisis Teknik Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut Menggunakan Simulasi Teori Antrian Pada Produksi Batu Kapur Area Eksisting 206 PT Semen Padang (Persero) TBK.

Hari Sentosa^{1,*}, Sumarya¹, and Yoszi Mingsi Anaperta¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

arysentosa@gmail.com
sumarya@ft.unp.ac.id
yoszima@ft.unp.ac.id

Abstract. PT. Semen Padang owned by the unions, located at Indarung Padang, West Sumatera. The hour barriers based on report operations tool tools digging and hauling of period may 2017 PT Semen Padang. that is, digger tool 7,15 hours and hauler tools 7,46. Based on the study of the hour 4,2 hours. PT. Semen Padang Target of production and realization at a Eksisting 206 may 2017 year the target of 320 Ton/hour for 1 unit of dump trucks, based on the analysis of the realized 282,31 Tons/hour, while based on the study of the production of obtained 363,58 tons/hour. Based on observations in field, conditions of work and the front area dumping still experiencing queue. The availability of tools and tool unloading hauler at a area 206 existing excavators serve the 6 units of dump trucks. Match factor of actual field is 1,18. Based on a review of the results of the productivity gained 1 unit excavators serve the 5 units of dump trucks and based on the theory of queues device used tool transport 5 units of dump trucks. As for the correction factor in the match after having examined 0,99 or close to 1.

Keywords: Digging and hauling; Hour barriers; Production; Match Factor; Queue

1 Pendahuluan

PT. Semen Padang dimiliki oleh Perseroan, yang berlokasi di Indarung, Padang, Sumatera Barat. PT. Semen Padang melakukan penambangan batu kapur di Karang Putih, Kecamatan Lubuk Kilangan, Indarung. Lokasi penelitian dilakukan pada area Eksisting 206. Pada area tersebut terdapat satu *fleet* dan dua area *dumping*. Area *dumping* batu kapur yaitu pada *Hummer crusher* LSC III A dan III B dan *Hummer crusher* LSC II. Alat gali muat yang digunakan adalah *excavator caterpillar* 6030 yang melayani 6 alat angkut *dump truck Komatsu HD 785-7* dengan area *dumping* masing-masing *dump truck* yaitu 4 *dump truck* di LSC IIIA dan IIIB dan 2 *dump truck* di LSC II.

Target produksi dan realisasi area eksisting 206 PT. Semen Padang (Persero) Tbk periode Mei tahun 2017 yaitu, target produksi untuk setiap *dump truck* 320 ton/jam sedangkan realisasi yaitu 301,1 ton/jam belum tercapai karena jam hambatan alat terlalu besar atau

jam *stanby* yang terlalu besar. Berdasarkan pengamatan dilapangan, pada area *front* kerja eksisting 206 terdapat alat angkut *dump truck HD 785-7* yang mengantri untuk dilayani *excavator caterpillar 6030* serta terjadi antrian pada area *dumping*. adapun nilai *match factor* yang didapatkan pada *front* kerja eksisting 206 adalah 1,18.

Supaya target produksi dapat berjalan secara optimal dan efisien serta dapat meminimalisir pemakaian jumlah *dump truck* yang berlebihan, untuk itu perlu dilakukan upaya memaksimalkan jam kerja alat dan mengkaji kebutuhan alat angkut supaya tidak terjadi antrian pada *front* kerja dan area *dumping*. Penentuan kebutuhan angkut dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu berdasarkan metode antrian.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan jam hambatan aktual dan jam hambatan kajian periode Mei 2017.
2. Menghitung Produktivitas *dump truck* eksisting 206 berdasarkan aktual dan kajian periode Mei 2017.

3. Menghitung kebutuhan *dump truck* eksisting 206 berdasarkan produktivitas periode Mei 2017.
4. Menghitung kebutuhan *dump truck* eksisting 206 periode Mei 2017 berdasarkan teori antrian.

2 Lokasi Penelitian

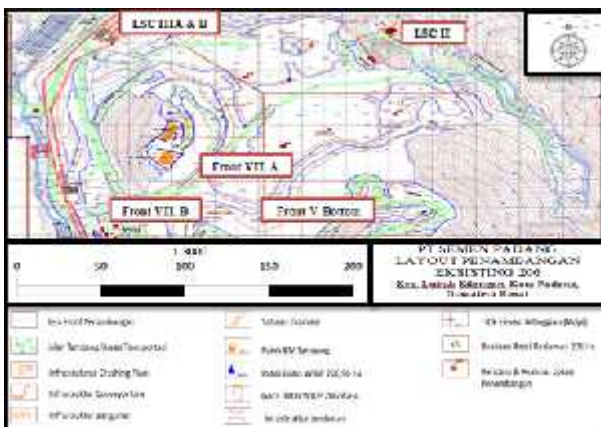
Lokasi kesampaiaan penelitian berada di area penambangan *limestone* dan *silicastone* Bukit Karang Putih yang dikelola oleh Departemen Tambang PT. Semen Padang. Untuk lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini



Gambar 1. Lokasi Kesampaian Penelitian

PT Semen Padang terletak di Indarung, sekitar 15 Km di sebelah Timur Kota Padang, secara administrasi termasuk dalam Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat dengan ketinggian lebih kurang 200 m di atas permukaan laut.

Indarung terletak di kaki Bukit Barisan yang membujur dari Utara ke Selatan, dan secara geografis terletak antara garis meridian $1^{\circ}04'30''$ Lintang Selatan sampai $1^{\circ}06'30''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ}15'30''$ Bujur Timur sampai $100^{\circ}18'30''$ Bujur Timur. Berbatasan ke arah Barat dan Utara dengan Kota Padang, sebelah Timur dengan Kabupaten Solok, dan sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Pesisir Selatan. Adapun layout penambangan lokasi penelitian area eksisting 206 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Layout Penambangan Lokasi Penelitian area eksisting 206

3 Kajian Teori

3.1 Peralatan Tambang

Peralatan pertambangan yang dipergunakan di pertambangan berhubungan dengan penggunaan alat berat, alat berat adalah suatu sumberdaya yang melipatgandakan jasa manusia guna untuk mencapai usahanya^[1,2].

3.1.1. Tujuan Penggunaan Alat Berat

Adapun tujuan penggunaan alat berat dibagi menjadi 3 aspek yaitu : secara teknis, secara ekonomis, dan secara humanis.

3.1.1.1. Secara Teknis

Untuk mendapatkan ketelitian kerja yang lebih besar dan menyederhanakan/memudahkan pengurusan organisasi pelaksanaan.

3.1.1.2. Secara Ekonomis

Mempercepat/memperbesar daya kerja dan mengurangi biaya pelaksanaan kerja.

3.1.1.3. Secara Humanis

Mengoptimalkan penggunaan tenaga buruh, dengan penggunaan alat-alat berat, tenaga buruh yang ada dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin sehingga pekerjaan dapat berjalan dengan lancar dan memungkinkan untuk pelaksanaan pekerjaan yang tidak dapat dilaksanakan secara manual.

3.1.2. Pertimbangan Pemilihan Alat Berat

Untuk menghindari kerugian dan mendapatkan keuntungan dari penggunaan alat berat, dibutuhkan pengetahuan yang baik mengenai pemilihan dan penggunaan peralatan sehingga dapat diperoleh hasil yang optimal. Untuk itu diperlukan pemilihan alat-alat berat yang harus digunakan.

3.2 Alat dan Peralatan Tambang

Segala macam pekerjaan yang berhubungan dengan kegiatan penggalian (*digging; breaking; loosening*), pemuatan (*loading*), pengangkutan (*hauling; transporting*), penimbunan (*dumping; filling*), perataan (*spreading and leveling*) dan pemadatan (*compacting*) tanah atau batuan dengan alat-alat mekanis (alat-alat besar) disebut pemindahan tanah mekanis.

Pekerjaan-pekerjaan itu banyak terlihat dibidang pekerjaan/bangunan sipil, seperti: pembuatan jalan raya, dam-dam, tanggul, saluran irigasi, kanal, lapangan terbang, dan lain-lain. Disamping itu juga dilakukan di tambang-tambang terbuka, terutama pada kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup (*stripping of*

overburden) dan pembuatan jalan-jalan menuju ke tambang tersebut^[3].

Kondisi lapangan tempat dilakukannya operasi penambangan sangat mempengaruhi kemampuan produksi alat, untuk itu alat-alat mekanis yang digunakan dalam operasi penambangan harus sesuai dengan lapangan operasinya. Kemampuan produksi suatu alat mekanis juga sangat tergantung dari berbagai faktor koreksi yang telah dikalkulasi.

Alat-alat yang digunakan dalam industri pertambangan adalah alat-alat berat, dimana berdasarkan fungsinya dapat dibedakan menjadi dua yaitu alat utama dan alat penunjang.

3.2.1. Alat Utama

Alat utama merupakan alat-alat utama yang digunakan untuk memproduksi material yang diinginkan. Alat utama ini terdiri dari:

1. *Bulldozer* (sebagai alat pendorong dan penggaru untuk membantu *excavator* dalam menggali dan memuat material)
2. *Excavator* (sebagai alat gali dan muat)
3. *Dump Truck* (sebagai alat angkut)

3.2.2. Alat Penunjang

Alat penunjang merupakan alat-alat yang digunakan untuk membantu operasi alat-alat Utama. Alat penunjang ini terdiri dari:

1. *Excavator* (sebagai alat umum yaitu alat yang digunakan untuk keperluan umum, misalnya untuk persiapan operasi produksi, merapikan timbunan material, menggali saluran air, dll).
2. *Grader* (sebagai alat perata, pembentuk dimensi jalan dan saluran).
3. *Compactor* (sebagai alat pemadat).
4. *Mobile Lubricant Oil* (untuk menambah oli peralatan tambang)
5. *Fuel Truck* (untuk pengisian bahan bakar peralatan tambang)
6. *Drill and Blast Machine* (untuk pemboran lubang ledak)
7. Pompa tambang (untuk memompa air)
8. *Water Truck* (untuk penyiraman jalan tambang)
9. *Tower lamp* (untuk penerangan)
10. *Genset* (Sumber tenaga listrik)

3.3 Alat Gali Muat dan Alat Angkut

3.3.1. Excavator

Karakteristik penting dari *hydraulic excavator* adalah pada umumnya menggunakan tenaga diesel engine dan *full hydraulic system*. Operasi *excavator* paling efisien adalah dengan menggunakan metode *hel* dan *toe* (ujung dan pangkal), mulai dari atas permukaan sampai bagian bawah. Bagian atas bisa berputar (*swing*) 360 derajat^[4]. Dalam konfigurasi *back hoe*, ukuran boom lebih panjang sehingga jangkauan lebih jauh, tetapi bucket lebih kecil. Ini bukan berarti produksinya lebih rendah, karena

putaran swingnya bisa lebih kecil yang berarti *cycle time* nya lebih pendek (lebih cepat).

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan excavator adalah dalam hal kapasitas bucket nya, kondisi kerja, bisa menggali pada daerah yang lunak sampai keras, tetapi bukan tanah asli berupa batuan keras. Jenis-jenis excavator adalah sebagai berikut:

3.3.1.1. Backhoe

Backhoe adalah alat untuk menggali permukaan tanah asli, pemotongan, dan perapian tebing dengan alat yang diletakkan di atas permukaan tanah asli atau khususnya untuk pekerjaan penggalian yang letaknya di bawah kedudukan *backhoe* itu sendiri. Alat ini dipakai untuk pekerjaan yang memerlukan pengontrolan secara teliti dan dapat digunakan sebagai alat pemuat untuk *dump truck*.

Kegiatan pemuatan material batubara dilakukan untuk memuat material ke alat angkut untuk dipindahkan ke processing atau pemindahan material dari *stockroom* ke *stockpile* atau untuk pemasaran. Keadaan material yang keras tidak memungkinkan pemuatan material dengan menggunakan tenaga manusia karena tidak efektif dan membutuhkan waktu yang lama untuk melakukan pemuatan tersebut.

3.3.1.2. Dragline

Dragline memiliki tenaga penggali yang kecil dari tenaga penggali lainnya, karena hanya mengandalkan kekuatan sendiri dari *digging bucket*. Tetapi memiliki jangkauan yang relatif lebih besar.

Penggunaan *dragline* menguntungkan karena alat ini bisa menggali dengan lengannya yang besar dan panjang artinya bisa melakukan gerakan dari jauh. Apalagi bila tanah galian diangkat dengan *dump truck*, alat pengangkut ini tidak perlu masuk ke lobang galian. *Dragline* sangat cocok untuk penggalian parit dan material yang keras ataupun material yang lunak. Untuk mendapatkan hasil produksi yang lebih baik dari alat ini, diperlukan keahlian yang mantap dari operator dalam pengoperasiannya.

Dragline adalah alat penggali yang cocok untuk menggali *lose material* dan menggali di bawah working level dimana *dragline* berada serta menggali material-material di bawah air.

3.3.1.3. Power Shovel

Power Shovel sangat baik digunakan sebagai alat penggali dan sebagai alat pemuat karena dapat digunakan pada tebing yang letaknya lebih tinggi, berdasarkan system kendalinya *power shovel* dibedakan menjadi dua jenis yaitu kendali hidrolik dan kendali kabel.

3.3.2. Dumptruck

Pengangkutan batuan, endapan bijih, karyawan, "waste", kayu penyangga (*timber*), dan barang-barang keperluan sehari-hari (*supply*) merupakan suatu hal yang sangat

mempengaruhi kelancaran operasi penambangan. Untung-ruginya suatu perusahaan tambang terletak juga pada lancar tidaknya sarana pengangkutan yang tersedia.

Faktor-faktor yang langsung mempengaruhi produktivitas dump truck antara lain:

3.3.2.1. Tahanan Gulir atau Tahanan Gelinding (Rolling Resistance)

Tahanan Gulir atau Tahanan Gelinding (*Rolling Resistance*) adalah jumlah segala gaya-gaya luar yang berlawanan dengan arah gerak kendaraan yang berjalan diatas permukaan tanah. Keadaan jalan yang semakin keras dan mulus semakin kecil tahanan gulirnya.

3.3.1.2. Tahanan Kemiringan (Grade Resistance)

Tahanan Kemiringan (*Grade Resistance*) ialah besarnya gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilaluinya.

3.3.1.3. Coeficient of Traction

Coeficient of Traction adalah suatu faktor yang menunjukkan berapa bagian dari seluruh berat kendaraan itu pada ban yang dapat dipakai untuk menarik atau mendorong

Coeficient of traction tergantung dari:

1. Keadaan ban, yaitu keadaan dan macamnya bentuk kembangan ban tersebut.
2. Keadaan permukaan jalur jalan; basah atau kering, keras atau lunak, bergelombang atau rata, dst.
3. Berat kendaraan yang diterima roda penggeraknya

3.3.1.4. Rimpul (Tractive Effort)

Rimpul (Tractive Effort) adalah besarnya kekuatan tarik yang dapat diberikan oleh mesin suatu alat kepada permukaan roda atau ban penggeraknya yang menyentuh permukaan jalur jalan.

3.3.1.5. Berat material.

Berat material yang akan diangkut oleh alat angkut dapat mempengaruhi:

1. Kecepatan kendaraan dengan HP mesin yang dimilikinya.
2. Membatasi kemampuan kendaan untuk mengatasi tananan kemiringan dan tahanan gulir dari jalur jalan yang dilaluinya.
3. Membatasi volume material yang dapat diangkut.

Oleh sebab itu berat jenis materialpun harus diperhitungkan pengaruhnya terhadap kapasitas alat muat maupun alat angkut.

3.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi alat

3.4.1. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu kerja produktif dengan waktu kerja yang tersedia, dinyatakan dalam persen (%). Efisiensi kerja ini akan mempengaruhi kemampuan produksi dari suatu alat. Sebagian besar nilai efisiensi kerja diarahkan terhadap operator, yaitu orang yang mengoperasikan unit alat. Walaupun demikian, apabila ternyata efisiensi kerjanya rendah belum tentu penyebabnya adalah kemalasan operator yang bersangkutan. Mungkin ada penyebab lain yang tidak dapat dihindari, antara lain: cuaca, kerusakan mendadak, kabut, dan lain-lain. Adapun persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung efisiensi kerja adalah sebagai berikut:

3.4.1.1. Ketersediaan Alat Mekanis (Mechanical Availability)

Merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi mekanis yang sesungguhnya dari alat yang sedang digunakan. Kesediaan mekanis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$AI = \frac{W}{W+R} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan:

MA = Mechanical Availability atau kesediaan alat

W = Working Hours atau jumlah kerja alat

R = Repair hours atau jumlah jam untuk perbaikan

3.4.1.2. Keadaan Fisik Alat (physical Ability)

Merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan. Dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100 \% \quad (2)$$

Keterangan:

PA = *Physical Availability*

W = *Working Hours* atau jumlah kerja alat

R = *Repair Hours* atau jumlah jam untuk perbaikan

S = Jumlah jam *standby*

3.4.1.3. Penggunaan Ketersediaan (Use of Ability)

Merupakan tingkat daya guna alat untuk kegiatan produksi.

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100 \% \quad (3)$$

Keterangan:

UA = *Use of Availability* atau penggunaan ketersediaan

W = *Working Hours* atau jumlah kerja alat

S = Jumlah jam *standby*

3.4.1.4. *Effective utilization*

Yaitu menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif. *Effective utilization* sebenarnya sama dengan pengertian efisiensi kerja. Perbandingan antara jam kerja sesungguhnya (jam kerja produktif) dengan jam kerja yang dijadwalkan. Dari hasil persentase ini kita bisa melihat apakah sudah tercapai jam dari penjadwalan jam kerja alat yang direncanakan, dengan rumus sebagai berikut:

$$E_U = \frac{W}{W+R+S} \times 100 \% \quad (4)$$

Keterangan:

Eut = *Effective Utilization* atau efisiensi kerja

W = *Working Hours* atau jumlah kerja alat

R = *Repair Hours* atau jumlah jam untuk perbaikan

S = Jumlah jam *standby*

3.4.2. *Faktor Pengembangan Material (swell faktor)*

"Swell" adalah pengembangan volume suatu material setelah digali dari tempatnya. Material di lapangan jika digali akan mengalami pengembangan^[5,6].

Faktor pengembangan juga dapat diketahui dari perbandingan densitas material lepas dengan densitas material insitunya. Bentuk volume material yang mempengaruhi perhitungan pemindahannya, yaitu dinyatakan dalam *bank cubic meter* (BCM), *loose cubic meter* (LCM) dan *compacted cubic meter* (CCM).

Rumus untuk menghitung *swell factor* adalah:

$$\text{Percent Swell (\%)} = \frac{V_t}{V_i} \frac{k}{U} \quad (5)$$

$$\text{Swell Factor} = \frac{B}{L} \frac{V_t}{V_i} \quad (6)$$

3.4.4 *Faktor Isian Mangkuk (Bucket Fill Factor)*

Besarnya nilai faktor isian mangkuk (*bucket fill factor*) tergantung dari jenis material yang akan digali. *Fill Factor* adalah angka perbandingan antara volume nyata atau kapasitas nyata mangkuk alat muat dengan volume atau kapasitas teoritis *bucket* alat muat sesuai dengan spesifikasi alat muat yang digunakan.

3.4.5 Waktu Edar (Cycle Time)

Waktu siklus (*cycle time*) adalah waktu yang diperlukan untuk merampungkan satu siklus pekerjaan. Waktu siklus (*cycle time*) terdiri dari dua jenis, yaitu waktu tetap (*fixed time*) dan waktu tidak tetap (*variable time*)^[7,8].

3.4.5.1 *Waktu edar alat gali dan muat (Excavator)*

Waktu edar alat gali-muat dapat di hitung dengan rumus:

$$Cms = t_l + t_{s_i} + t_d + t_{s_k} \quad (7)$$

Keterangan:

Cms : *Cycle time*

t_l : Waktu gali

t_{s_i} : Waktu putar bermuatan

t_d : Waktu buang

t_{s_k} : Waktu putar kosong

3.4.5.2 *Waktu edar alat angkut*

Waktu edar alat angkut dapat di hitung dengan rumus:

$$C = n \times C + \frac{D}{V_1} + t_1 + \frac{D}{V_2} + t_2 \quad (8)$$

Keterangan:

Ct : *Cycle time* alat angkut

n : Jumlah *bucket*

Cm: Waktu edar alat gali

D : Jarak angkut

V : Kecepatan rata-rata DT bermuatan

t₁ : Waktu *dumping*

t₂ : Waktu *spot* (waktu menunggu mengisi)

3.5 Produktivitas Alat Muat Dan Alat Angkut

3.5.1. *Produktivitas Alat Muat*

Untuk mengetahui produktivitas alat muat, maka perlu dihitung kapasitas *bucket* yaitu dengan persamaan:

$$q = q_1 \times K \quad (9)$$

Keterangan:

q = Kapasitas *Bucket* (bcm)

q₁ = Kapasitas *Bucket* (teoritis)

K = Faktor Koreksi *Bucket* (faktor pengisian)

Maka setelah mengetahui kapasitas dari *bucket excavator*, kita dapat menghitung produktivitas *excavator* tersebut dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = q \times \frac{3}{C} \times E \times U \quad (10)$$

Keterangan:

Q = Produksi perjam (bcm / jam)

q = Kapasitas *Bucket* (bcm)

Cm= *Cycle time* (detik)

E = Efisiensi kerja

3.5.2. *Produktivitas Alat Angkut*

Kemampuan produksi alat angkut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{n \times q_1 \times k \times E}{C} \times M \quad (11)$$

Keterangan:

Q = Produksi per jam dump truck (m³/jam)

n = Jumlah *bucketexcavator* untuk mengisi DT

q₁ = Kapasitas bucket (m³)

k = Faktor pengisian *bucket*

E_t = Efisiensi kerja *Dumptruck*

C_{m_t} = Waktu siklus *Dumptruck* (menit)

M = Jumlah *Dumptruck* yang bekerja

3.5.3 Perkiraan Kebutuhan Alat

Perkiraan kebutuhan alat angkut dapat dirumuskan sebagai berikut

$$M = \frac{C \cdot N}{C_{ms}} \quad (12)$$

Keterangan:

M = Perkiraan jumlah *dumptruck*

Cmt = Waktu siklus *dumptruck*

N = Jumlah siklus yang diperlukan oleh *excavator*

Cms = Waktu siklus *excavator* untuk mengisi *dump truck*

3.6 Keserasian Kerja (*Match Factor*)

Keserasian kerja adalah pola gerak alat-alat yang terpadu, dimana tidak saling tunggu menunggu antara alat muat dan alat angkut. Untuk menilai keserasian alat muat dan alat angkut dapat digunakan rumus *Match Factor* sebagai berikut:

$$MF = \frac{n \times N \times C_m}{N_m \times C} \quad (13)$$

Keterangan:

MF = Faktor keserasian kerja

Cm = Waktu edar alat muat

Cmt = Waktu edar alat angkut

Na = Jumlah alat angkut

Nm = Jumlah alat muat

n = banyak pengisian bucket alat muat ke alat angkut

3.7 Teori Antrian

3.7.1 Pengertian Teori Antrian

Pada umumnya antrian merupakan suatu hal lumrah terjadi pada keseharian, hal ini terjadi karna ketidak mampuan dalam pelayanan melayani tingkat kedatangan individu sehingga terjadi antrian. Antrian timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan layanan^[10].

Teori antrian (*queueing theory*) merupakan studi probabilistik kejadian garis tunggu (*waiting lines*), yakni suatu garis tunggu dari objek yang memerlukan layanan dari sistem yang ada. Antrian terjadi karena adanya keterbatasan sumber pelayanan, yang umumnya berkaitan dengan terbatasnya server. Jika jumlah server yang disediakan terbatas, memungkinkan terjadi antrian, sehingga objek tersebut mengalami waktu tunggu. Hal ini merupakan suatu kerugian bagi pihak perusahaan, karena kehilangan jam efektif kerja. Agar tidak kehilangan jam efektif kerja, maka pihak perusahaan harus menyediakan server yang mencukupi, tetapi dilain pihak perusahaan harus mengeluarkan biaya yang lebih besar atau dapat dilakukan dengan cara pengurangan tingkat obejek yang akan dilayani.

3.7.2 Komponen-Komponen Dasar proses antrian

Suatu sistem antrian bergantung beberapa komponen-komponen yaitu: pola kedatangan dapat diketahui secara pasti atau berupa suatu variabel acak yang distribusi peluangnya dianggap telah diketahui. Unsur ini sering dinamakan proses *input*. Proses *input* meliputi sumber kedatangan atau biasa dinamakan *calling population*, dan cara terjadinya kedatangan yang umumnya merupakan variabel acak^[10].

Variabel acak adalah suatu variabel yang nilainya bisa berapa saja sebagai hasil dari percobaan acak. Variabel acak dapat berupa diskrit atau kontinu. Bila variabel acak hanya dimungkinkan memiliki beberapa nilai saja, maka ia merupakan variabel acak diskrit. Sebaliknya bila nilainya dimungkinkan bervariasi pada rentang tertentu, ia dikenal sebagai variabel acak kontinu

3.7.3 Disiplin Waktu Antrian

Pelayan dapat terdiri dari satu atau lebih pelayan, atau satu atau lebih fasilitas pelayanan^[10]. Contoh nya, pelayanan alat angkut pada area penambangan, *dump truck* yang datang lebih awal *dump truck* tersebut yang lebih dulu dilayani. pelayanan ini dapat berupa *First Come First Served* (FCFS), atau *Random* atau dapat pula berdasarkan prosedur prioritas tertentu. Jika tidak ada keterangan apa-apa tentang disiplin pelayanan ini, maka asumsi yang biasa digunakan adalah *First Come First Served* (FCFS).

3.7.3.1 Pertama masuk pertama keluar (FIFO)

FIFO (*First In First Out*) Merupakan suatu peraturan dimana yang akan dilayani terlebih dahulu adalah pelanggan yang datang lebih awal. FIFO ini biasa disebut FCFS (*First Come First Served*) Contohnya antrian disuatu kasir sebuah swalayan.

3.7.3.2 Yang Terahir Masuk dengan yang Pertama Keluar (LIFO)

LIFO (*Last In First Out*) Merupakan antrian dimana yang datang paling terakhir yang akan dilayani terlebih dahulu. Contohnya antrian pada satu tumpukan barang digudang, barang yang terakhir masuk akan berada ditumpukkan paling atas, sehingga akan diambil pertama.

3.7.3.3 Pelayanan Dalam Urutan Acak (SIRO)

SIRO (*Service In Random Order*) Merupakan salah satu disiplin antrian dimana pelayanan dilakukan dengan urutan acak (*Random Order*). Contohnya seperti kertas-kertas undian yang menunggu ditentukan pemenang yang diambil secara acak.

3.7.3.4 Priority Queue (Antrian Prioritas)

Merupakan prioritas pelayanan yang dilakukan khusus kepada pelanggan utama yang mempunyai prioritas

tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas rendah. Contohnya pada klinik kesehatan yang mengalami penyakit yang lebih parah akan dilayani lebih awal.

3.7.4 Desain Pelayanan

Desain sarana pelayanan dapat diklasifikasikan dalam channel dan phase yang akan membentuk suatu struktur antrian yang berbeda-beda^[11]. *Channel* menunjukkan jumlah jalur untuk memasuki sistem pelayanan. Phase berarti jumlah stasiun-stasiun pelayanan, dimana para langganan harus melaluinya sebelum pelayanan dinyatakan lengkap. ada empat model struktur antrian dasar yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrian yaitu sebagai berikut:

3.7.4.1 Single Chanel Single Phase

Single chanel single phase berarti bahwa hanya ada satu jalur untuk memasuki sistem pelayanan atau ada satu pelayanan. Single phase menunjukkan bahwa hanya ada satu stasiun pelayanan sehingga yang telah menerima pelayanan dapat langsung keluar dari sistem antrian.

3.7.4.2 Single Chanel-Multi Phase

Single chanel multi phase berarti ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan dalam phase-phase. Misalnya pada proses antrian pada syarat-syarat penerimaan pekerjaan harus melewati tiap-tiap prosedur pelayanan.

3.7.4.3 Multi Chanel-Single Phase

Multi chanel single phase terjadi jika ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh suatu antrian tunggal. contoh adalah pada pembelian tiket konser yang dilayani lebih dari pelayanan dengan satu saluran.

3.7.4.4 Multi Chanel Multi Phase

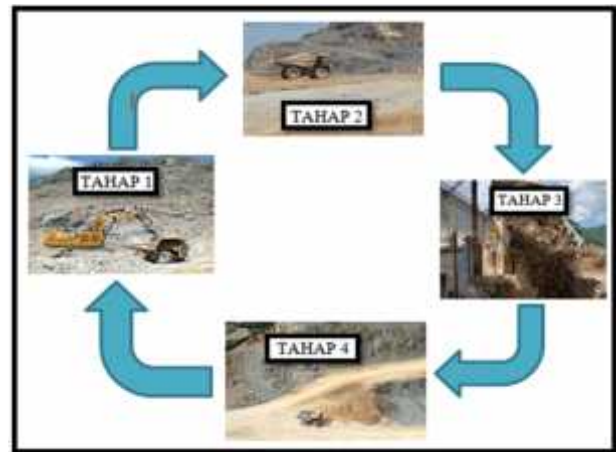
Multi Chanel Multi Phase berarti sistem ini terjadi jika ada dua fasilitas pelayanan dengan pelayananya lebih dari satu phase dengan tahap-tahap pelayanan.

3.7.5 Sistem Antrian Putaran

Penerapan sistem antrian putaran dapat diaplikasi pada penambangan khususnya pada distribusi pengangkutan batu kapur ke stockfile.

Pada tiap-tiap sistemnya mempunyai fasa-fase yang mengharuskan pelanggannya atau *dump truck* selalu mengikuti pada rangkai-rangkaiannya dengan 1 pelayanan dengan sistem tertutup dengan pelayanan terbatas. Pada sistem ini mempunyai 1 pelayanan yaitu *excavator* dan *dump truck* merupakan pelanggannya. Input pada pelayanan ini yaitu *dump truck* mengantri untuk memuat batu kapur dan output menjalani rangkaian-rangkaiannya yaitu, mengangkat batu kapur, menumuhkan batu kapur ke area *dumping* dan *dump truck* kembali dalam keadaan kosong bersiap untuk

mengantri kemabali. Berikut pada gambar 3 dibawah ini tahap-tahap dalam antrian putaran yaitu:



Gambar 3. Sisten antrian putaran

Berdasarkan gambar 3 tahap-tahap antrian putaran terdapat 4 tahap yaitu:

1. Tahap awal *excavator caterpillar 6030* melayani *dump truck HD 785* dilambangkan dengan notasi μ 1.
2. Tahap 2 *dump truck HD 785-7* dalam keadaan bermuatan mengangkat batu kapur di lambangkan dengan notasi μ 2.
3. Tahap 3 *dump truck HD 785-7* *dumping* batu kapur ke *lime stone crusher* dilambangkan notasi μ 3.
4. Tahap 4 *dump truck HD 785-7* kembali dalam keadaan tidak bermuatan bersiap untuk mengantri kembali dilambangkan dengan notasi μ 4.

3.7.6 Notasi Sistem Antrian Putaran

Dalam menggunakan rumus-rumus dalam sistem antrian putaran perlu lambang dengan notasi-notasi parameter antara lain:

- = tingkat kedatangan rata-rata, unit/jam
- $1/$ = waktu kedatangan rata-rata, jam/unit
- μ = tingkat pelayanan rata-rata dalam satu sistem, unit /jam
- $1/\mu$ = waktu pelayanan rata-rata, jam/unit
- Lq = rata-rata jumlah alat angkut menunggu dalam antrian
- = yang terlayani dalam keluaran sistem, unit/jam
- N = jumlah populasi, unit
- M = tahap-tahap dalam antrian
- = tingkat kesibukan, %
- n = jumlah individu dalam sistem pada suatu waktu, unit
- CT = waktu edar alat, jam
- T = waktu pelayanan rata-rata dalam suatu tahap sistem, jam
- Wt = rata-rata waktu tunggu alat dalam sistem
- Wq = rata-rata waktu tunggu dalam antrian
- Pn = probabilitas jumlah n individu dalam sistem antrian
- Po = probabilitas tidak ada individu dalam system

3.7.7 Perumusan Sistem Antrian Putaran

3.7.7.1 Probability keadaan tetap.

Ketentuan P (N,0,..., 0). Dapat diselesaikan dengan cara sebagai berikut:

$$P(n_1, n_2, \dots, n_M) = \frac{\mu_1^{(N-n_1)}}{\mu_2^{n_2} \mu_3^{n_3} \dots \mu_M^{n_M}} \times P(N, 0, \dots, 0)$$

$$= \left(\frac{\mu_1}{\mu_2}\right)^{n_2} \left(\frac{\mu_1}{\mu_3}\right)^{n_3} \dots \left(\frac{\mu_1}{\mu_M}\right)^{n_M} P(N, 0, \dots, 0)$$

(14)

3.7.7.2 P(n₁, n₂, ..., n_M)

dapat diselesaikan dengan jumlah probability keadaan = 1, yaitu sebagai berikut: $(n_1, n_2, \dots, n_M) = 1$ (15)

3.7.7.3 Probability keadaan antrian

untuk koefisennya dapat diselesaikan dengan rumus sebagai berikut:

$$P(n_1, n_2, n_3, n_4) = \frac{\mu_1^{(N-n_1)}}{n_2! \mu_2^{n_2} n_3! \mu_3^{n_3} n_4! \mu_4^{n_4}}$$

(16)

3.7.7.4 Tingkat kesibukan Probabilitas

Tingkat kesibukan pada probabilitas diselesaikan dengan rumus sebagai berikut:

$$= 1 - \sum P(n_1, n_2, n_{i-1}, 0, n_{i+1}, n_M)$$

(17)

3.7.7.5 Jumlah dump truck Per tahap

Jumlah *dump truck* yang dapat dilayani pada masing-masing tahap-tahap diselesaikan dengan rumus:

$$\theta_1 = \eta_1 \times \mu_1$$

(18)

3.7.7.6 Jumlah dump truck Mengantri

Perkiraan jumlah *dump truck* yang mengantri dapat diselesaikan dengan rumus:

$$L_i = \sum n_i P(n_1, n_2, \dots, n_M) - \sum P(n_1, n_2, \dots, n_M)$$

(19)

3.7.7.7 Lamanya dump truck mengantri

Perkiraan lama *dump truck* mengantri dapat diselesaikan dengan rumus: $W_i = \frac{L_i}{\theta}$ (20)

3.7.7.8 Total cycle time antrian putaran

Total *cycle time* untuk menyelesaikan tahap-tahap antrian putaran (M) dapat diselesaikan dengan rumus:

$$C = \sum_{i=1}^M \left(W_i + \frac{1}{\theta_i} \right) [12,13]$$

(21)

4. Metode Penelitian

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian kuantitatif. Hal itu dikarenakan dalam penelitian nantinya, akan menggunakan data-data berupa angka-angka. Penelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui^[14].

Dalam pelaksanaan Metode yang digunakan dalam pengumpulan data dilakukan dengan dua cara yaitu pengumpulan data sekunder dengan penelitian kepustakaan dan pengumpulan data primer dengan observasi lapangan.

4.2 Teknik Pengambilan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini didapatkan yaitu dengan cara data melalui perusahaan dan ada yang di ambil langsung di lapangan oleh penulis. Adapun proses pengambilan datanya yaitu sebagai berikut:

4.2.1 Pengambilan Data Primer

Data *cycle time* alat gali muat dan alat angkut masing-masing didapatkan dari lapangan. Pengambilan data dilakukan dengan mengamati aktivitas dari masing-masing alat tersebut. Data ini berguna untuk menghitung jumlah produktivitas dan menentukan kebutuhan alat gali muat dan alat angkut. Adapun proses pengambilan data *cycle time* alat gali muat dan alat angkut sebagai berikut:

4.2.1.1 Waktu Edar (Cycle Time) excavator caterpillar 6030

Proses pengambilan data *cycle time* alat gali muat *excavator caterpillar 6030* menyelesaikan suatu siklus penggalian. Proses yang dilakukan alat gali muat dalam satu siklus adalah:

1. Waktu mengayun bermuatan (*swing load*), yaitu gerakan memutar *bucket* dalam keadaan berisi batu kapur menuju bak *dump truck*.
2. Waktu penumpahan batu kapur (*dump bucket*) kedalam *dump truck*.
3. Waktu pengayunan kosong (*swing empty*), yaitu gerakan megayun kosong ke area batu kapur akan dilakukan pengisian kembali.
4. Waktu Edar (*Cycle Time*) *dump truck HD 785-7*

4.2.1.2 Waktu edar (cycle time) dump truck

Proses pengambilan data *cycle time* alat angkut *dump truck HD 785-7* menyelesaikan suatu siklus pengangkutan. Proses yang dilakukan alat angkut dalam satu siklus adalah:

1. *Delay* adalah waktu menunggu alat angkut *dump truck HD 785-7* untuk memuat batu kapur.
2. *Manuver loading* adalah memposisikan alat angkut *dump truck HD 785-7* memuat batu kapur.
3. *Loading time* adalah waktu yang dibutuhkan alat angkut *dump truck HD 785-7* untuk proses pemuatan batu kapur.
4. *Hauling time full* adalah waktu yang dibutuhkan *dump truck HD 785-7* untuk mengangkut batu kapur ke area *dumping*.
5. *Manuver dumping* adalah memposisikan alat angkut *dump truck HD 785-7* menumpahkan batu kapur pada area *dumping*.
6. *Dumping* adalah waktu yang dibutuhkan *dump truck HD 785-7* untuk menumpahkan batu kapur pada area *dumping*.
7. *Back empty* adalah waktu yang dibutuhkan alat angkut *dump truck HD 785-7* untuk pulang dalam keadaan kosong.

4.2.2 Data Skunder

Untuk penyelesaian penelitian penulis membutuhkan data dari perusahaan, adapun data skunder yang dibutuhkan penulis yaitu sebagai berikut:

1. Spesifikasi *excavator* dan *dump truck*
2. Target Produksi mei 2017
3. Operasional *Excavator* dan *dump truck* mei 2017
4. Data curah hujan
5. Peta topografi

4.3 Teknik Pengolahan data

Proseses dalam teknik pengolahan data sangat bergantung pada data primer dan data skunder. Beberapa proses pengolahan data dapat penulis jabarkan dibawah ini yaitu sebagai berikut:

4.3.1 Menghitung jam efisiensi kerja

Menghitung jam efisiensi kerja alat gali muat dan alat angkut menggunakan data operasional kerja aktual. Untuk mengetahui efisiensi kerja jam efektif dibagi dengan jam kerja yang tersedia.

4.3.2 Menghitung produktivitas *excavator caterpillar 6030* dan *dump truck HD 785-7*.

Menghitung produktivitas *excavator caterpillar 6030* dan *dump truck HD 785-7* menggunakan *cycle time* yang di dapatkan dilapangan dan efisiensi jam kerja aktual.

4.3.3 Optimalisasi produktivitas pada *excavator caterpillar 6030* dan *dump truck HD 785-7*.

Target produktivitas *excavator caterpillar 6030* dan *dump truck HD 785-7* belum tercapai, Upaya yang dilakukan dengan mengkaji jam efektif kerja sehingga efisiensi kerja meningkat sesuai dengan keadaan dilapangan.

4.3.4. Perhitungan produktivitas dan *match factor* berdasarkan kajian.

Berdasarkan efisiensi kajian di dapatkan produksi telah di optimalkan, sehingga dari hasil produksi dapat ditentukan *match factor* nya.

4.3.5 Menentukan kebutuhan alat angkut

Dari hasil *match factor* alat gali muat dan alat angkut didapatkan koreksi tingkat keserasian atau nilai *match factor* nya. Apabila *match factor* lebih dari 1.

4.3.6 Teori antrian

Berdasarkan model antrian, antrian yang digunakan yaitu antrian putaran. Untuk dapat menyelesaikan model antrian putaran yaitu sebagai berikut:

1. Model antrian putaran memiliki empat tahap dengan mengimput data *cycle time* dilapangan menggunakan persamaan tingkat pelayanan sehingga didapat jumlah *dump truck* dalam setiap jam.
2. Menentukan banyaknya jumlah *probability*
3. Menentukan koefisien dan probabilitas keadaan tetap.
4. Menghitung perkiraan jumlah *dump truck* yang mengantri pada area *front* kerja dan area *dumping*
5. Menghitung perkiraan waktu *delay dump truck* yang mengantri pada *front* kerja dan area *dumping*
6. Menentukan persen kesibukan *dump truck* yang terlayani
7. Menentukan kebutuhan jumlah *dump truck* berdasarkan penerapan teori antrian yaitu tingkat pelayanan 1dibagi total *cycle time* berdasarkan penerapan teori antrian.

5. Hasil Penelitian dan Pembahasan

5.1 Ketersediaan Alat Gali Muat dan Alat Angkut Area Eksisting 206.

Kebutuhan alat yang sesuai dalam penambangan membantu dalam *goal* dalam produksi yang telah ditetapkan. Adapun alat yang digunakan PT. Seman Padang (Persero) Tbk ara eksisting 206 yakni dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketersediaan Alat Pada Area Eksisting 206

Unit	Jumlah	Dumping
Excavator Caterpillar 6030	1	
Dump Truck HD 785-7	4	LSC III A dan LCS III B
Dump Truck HD 785-7	2	LSC II A

5.2 Pola Pemuatan Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Berdasarkan Pengamatan di lapangan, area eksisting 206 pola pemuatan berdasarkan jumlah penempatan posisi alat angkut untuk dimuati terhadap posisi alat gali muat

menggunakan Pola pemuatan *single back up*. *Single back up* yaitu alat angkut memposisikan diri untuk dimuat pada satu tempat sedangkan alat angkut berikutnya menunggu alat angkut pertama dimuati sampai penuh, setelah alat angkut pertama berangkat maka alat angkut kedua memposisikan diri untuk dimuati sedangkan alat angkut ketiga menunggu, dan begitu seterusnya. Sedangkan pola pemuatan berdasarkan keadaan posisi alat gali muat, area eksisting 206 menggunakan sistem *top loading*. *Top loading* yaitu alat gali muat melakukan penggalian dengan menempatkan dirinya di atas jentang atau alat angkut berada di bawah alat gali muat. Adapun gambar dokumentasi penulis pola pemuatan area eksisting 206 dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Pola Pemuatan Area Eksisting 206

5.3 Efisiensi Kerja

Adapun untuk menetapkan efisiensi baik atau buruk efesiesi kerja tersebut dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Efisiensi Kerja

Kondisi Operasi	Pemeliharaan Mesin				
	Baik	Baik	Sedang	Buruk	Buruk
BaikSekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,65
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
BurukSekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

5.4 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

5.4.1 Persamaan yang digunakan untuk menghitung produksi Excavator dan Dump Truck yaitu:

Keterangan:

- Q : Produktivitas per jam (m^3/jam)
- Cm : Waktu edar alat gali muat (menit)
- Cta : Waktu edar alat angkut (menit)
- n : Jumlah Pengisian bucket
- q : Produksi per cycle time (m^3)
- q1 : Bucket capacity (m^3)

- E : Efisiensi Kerja (%)
- Dl : Density lose (ton/m^3)
- K : Bucket fill factor

Diketahui :

Alat gali muat *excavator caterpillar 6030* memiliki *cycle time* 0,466 menit dengan kapasitas *bucket* $16,5 m^3$ dan *density lose* $1,65 ton/m^3$ Berdasarkan pengamatan di lapangan material sulit digali dan harus diledakan adapun *bucket fill factor* 0,7 dengan efisiensi kerja berdasarkan operasional PT. Semen Padang 65,4 % dan efisiensi kajian 75,12%. Produktivitas alat gali muat berdasarkan efisiensi operasional PT. Semen Padang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 q &= q_1 \times K \\
 &= 16,5 m^3 \times 0,7 \\
 &= 11,55 m^3 \\
 Q &= \frac{q \times 60 \text{ m} \times n}{Ct} \\
 &= 11,55 m^3 \times \frac{60 \text{ m}}{0,4 \text{ m}} \times 0,654 = 972,58 m^3/jam \\
 &= 972,58 m^3/jam \times 1,65 ton/m^3 \\
 &= 1604,75 Ton/jam.
 \end{aligned}$$

Produktivitas alat angkut berdasarkan efisiensi kajian adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 q &= q_1 \times K \times n \\
 q &= 16,5 \times 0,7 \times 4 \\
 &= 46,2 m^3 \\
 Q &= q \times \frac{60 \text{ m}}{Ct} \times E \\
 &= 46,2 m^3 \times \frac{60 \text{ m}}{9,4 \text{ m}} \times 0,7512 = 220,35 m^3/jam \\
 &= 220,35 m^3/jam \times 1,65 ton/m^3 = 363,58 Ton/Jam \\
 &= 363,58 Ton/Jam \times 6 \text{ dump truck} \\
 &= 2181,48 Ton/Jam.
 \end{aligned}$$

5.5 Perhitungan Match Factor dan Perhitungan Kebutuhan Alat Angkut Berdasarkan Produktivitas.

Berdasarkan pengamatan dilapangan alat angkut yang digunakan *dump truck HD 785-7* dilayani alat gali muat *excavator caterpillar 6030*. Jumlah *excavator* sebanyak 1 unit melayani 6 unit *dump truck*. *Cycle time excavator* 0,466 menit dan *dump truck* 9,45 menit dengan pengisian 4 *bucket*. Produktivitas alat gali muat $1843,26 Ton/jam$ sedangkan alat angkut $363.58 Ton/Jam$ per 1 unit *dump truck*.

5.5.1. Perhitungan match factor berdasarkan aktual jumlah alat gali muat dan alat angkut di lapangan.

Perhitungan *match factor* berdasarkan aktual jumlah alat gali muat dan alat angkut dilapangan adalah sebagai berikut:

Keterangan:

MF = Faktor keserasian kerja

Cm = Waktu edar alat muat

Cmt = Waktu edar alat angkut

Na = Jumlah alat angkut

Nm = Jumlah alat muat

n = banyak pengisian bucket alat muat ke alat angkut

$$MF = \frac{n \times N \times \sum C}{N \times \sum C} = \frac{4 \times 6 \times 0,4}{1 \times 9,4} = 1,18$$

5.5.2 Match factor berdasarkan produktivitas

Adapun perhitungan *match factor* berdasarkan produktivitas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Dump Truck} &= \frac{P}{P} \frac{E_i}{D_i T} \\ &= \frac{1}{3} \frac{,2}{,5} = 5 \text{ unit.} \end{aligned}$$

5.5.3 Koreksi match factor lapangan berdasarkan produktivitas kajian

Perhitungan koreksi *match factor* berdasarkan produktivitas kajian adalah sebagai berikut:

Keterangan:

MF = Faktor keserasian kerja

Cm = Waktu edar alat muat

Cmt = Waktu edar alat angkut

Na = Jumlah alat angkut

Nm = Jumlah alat muat

n = banyak pengisian bucket alat muat ke alat angkut

$$MF = \frac{n \times N \times \sum C}{N \times \sum C} = \frac{4 \times 5 \times 0,4}{1 \times 9,4} = 0,99$$

5.6 Analisa Teknik Kebutuhan Alat Angkut berdasarkan Teori Antrian

Umumnya pada pertambahan sistem pelayanan alat angkut dimana *dump truck* yang datang lebih dulu *dump truck* tersebut yang akan dilayani lebih awal (*First In First Out*).

5.6.1 Perhitungan Tahap Pelayanan Sistem Antrian Putaran

Tahap 1 = Waktu *delay* + Waktu Pemuatan
= 1,35 menit + 1,81 menit
= 3,16 menit

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \frac{1}{3,16 \text{ m}} \times 60 \\ &= 18,9 \text{ truck/jam} \\ &= 19 \text{ truck/jam} \end{aligned}$$

Tahap 2 = Waktu Pengangkutan
= 2,3 menit

$$\begin{aligned} \mu_2 &= \frac{1}{2,3 \text{ m}} \times 60 \\ &= 26 \text{ truck/jam} \end{aligned}$$

Tahap 3 = Waktu Menumpahkan Batu Kapur
= 0,55 menit

$$\begin{aligned} \mu_3 &= \frac{1}{0,5 \text{ m}} \times 60 \\ &= 109 \text{ truck/jam} \end{aligned}$$

Tahap 4 = Waktu *dump truck* kembali dalam keadaan kosong.
= 2,55 menit

$$\begin{aligned} \mu_4 &= \frac{1}{2,2 \text{ m}} \times 60 \\ &= 27 \text{ truck/jam} \end{aligned}$$

5.6.2 Menentukan Banyaknya Probability Keadaan antrian.

Diketahui keadaan dilapangan area eksisting 206 PT. Semen Padang. Jumlah alat angkut sebanyak 6 unit (N) memiliki 4 tahap pelayanan (M) dan 1 server. Untuk menentukan banyaknya *probability* antrian menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Banyak Probability} &= \frac{(N+M-1)!}{(M-1)!(N)!} \\ &= \frac{(6+4-1)!}{(4-1)!(6)!} \\ &= \frac{9!}{3!6!} \\ &= 84 \text{ keadaan} \end{aligned}$$

5.6.3 Koefisien Keadaan antrian

$$\text{Koefisien} = \frac{\mu_1^{(N-1)k}}{n_1! \mu_1^{n_1} n_2! \mu_2^{n_2} n_3! \mu_3^{n_3} n_4! \mu_4^{n_4}}$$

5.6.4 Probability keadaan

Total nilai koefisien dapat digunakan untuk menentukan *probability* keadaan. Adapun cara sederhana yaitu masing-masing nilai koefisien dibagi dengan total koefisien. Berdasarkan persamaan yang biasa digunakan yaitu carilah nilai koefisien 1 terlebih dahulu. Adapun perhitungan probabilitas keadaan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Probability} &= \frac{N}{T} \frac{K}{K} \frac{1}{K} \\ &= \frac{1}{5,0} \\ &= 0,197100 \end{aligned}$$

5.6.5 Perkiraan Jumlah Dump Truck Mengantri di front Kerja (L_q)

$$\begin{aligned} &= (1 \times (0,001483 + 0,013031 + 0,001599 + 0,006456 + 0,006216 + 0,00308 + 0,008365 + 0,000763 + 0,009021 + 0,002235 + 0,000735 + 0,001995 + 0,002342 + 0,002014 + 0,000182)) + (2 \times (0,017668 + 0,037035 + 0,009174 + 0,008507 + 0,004214 + 0,035663 + 0,004376 + 0,001044 + 0,012820 + 0,011447)) + (3 \times (0,101358 + 0,024177 + 0,025107 + 0,048802 + 0,005989 + \end{aligned}$$

$$0,052628)) + (4 \times (0,144035 + 0,034357 + 0,138700)) + (5 \times (0,197100))$$

$$= 3,37 \text{ (4 dump truck)}$$

5.6.6 Perkiraan Jumlah Dump Truck Mengantri di area Dumping ($L q_3$)

$$= (1 \times (0,000396 + 0,001483 + 0,001599 + 0,003080 + 0,001084 + 0,001125 + 0,004214 + 0,000390 + 0,000348 + 0,000274 + 0,000254 + 0,005989 + 0,004376 + 0,000061 + 0,000071)) + (2 \times (0,000537 + 0,000763 + 0,000735 + 0,000258 + 0,000279 + 0,000196 + 0,001044 + 0,000068 + 0,000061 + 0,000189)) + (3 \times (0,000133 + 0,000094 + 0,000128 + 0,000049 + 0,000045 + 0,000182)) + (4 \times (0,000032 + 0,000022 + 0,000023)) + (5 \times (0,000006))$$

$$= 0,0382 \text{ (1 dump truck)}$$

5.6.7 Perkiraan Lama Dump Truck Mengantri di front Kerja ($W q_1$)

$$Wq_1 = \frac{L_1}{\theta}$$

$$= \frac{0,3 \text{ di } t_1}{1,4 \text{ di } t_1 / \text{ja}}$$

$$= 0,183 \text{ jam}$$

$$= 10,9 \text{ menit}$$

5.6.8 Perkiraan Lama Dump Truck Mengantri Pada area dumping ($W q_3$)

$$Wq_3 = \frac{L_3}{\theta}$$

$$= \frac{0,0 \text{ di } t_1}{1,4 \text{ ja } / \text{di } t_1}$$

$$= 0,002 \text{ jam}$$

$$= 0,124 \text{ menit}$$

5.6.9 Kebutuhan Alat Angkut Dump Truck HD 785-7

$$N = \frac{1 \text{ di } t_1 / \text{ja}}{4 \text{ di } t_1 / \text{ja}}$$

$$= 4,75 \text{ dump truck}$$

$$= 5 \text{ dump truck.}$$

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan analisis jam hambatan aktual berdasarkan data operasional PT. Semen Padang (persero) Tbk. Rata-rata jam hambatan kerja

excavator 7,15 jam/hari dan *dump truck* 7,46 jam/hari. Setelah dilakukan kajian rata-rata jam hambatan kerja alat gali muat dan alat angkut menjadi 5,97 jam/hari.

2. Berdasarkan target produksi PT. Semen Padang (persero) Tbk, menetapkan target produksi untuk 1 unit *dump truck* yaitu 320 ton/jam. Setelah dilakukan analisis perhitungan, produksi *dump truck* aktual yaitu 282,31 ton/jam, sedangkan berdasarkan kajian produktivitas *dump truck* yaitu 363,58 ton/jam.
3. Berdasarkan produktivitas, kebutuhan *dump truck* untuk area eksisting 206 yaitu 5 unit *dump truck*
4. Berdasarkan area eksisting 206 jumlah *dump truck* dilapangan yaitu 6 unit *dump truck*. Setelah dilakukan kajian berdasarkan teori antrian didapatkan kebutuhan *dump truck* yaitu sebanyak 5 unit

6.2 Saran

1. Sebaiknya PT. Semen Padang mengoptimalkan jam efektif kerja supaya tidak banyak waktu kerja yang terbuang sehingga produktivitas dapat tercapai.
2. Berdasarkan pengamatan di lapangan alat angkut dilapangan masih mengantri, maka penulis menyarankan penentuan kebutuhan alat angkut dapat digunakan perhitungan berdasarkan produktivitas.
3. Untuk mengurangi antrian, penulis menyarankan PT. Semen Padang dapat mencoba menggunakan teori antrian dalam penentuan kebutuhan alat angkut, sehingga dapat mengurangi proses terjadi antrian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumarya. *Bahan Ajar Peralatan Tambang*. Padang: Universitas Negeri Padang. (2012)
- [2] Idham ,Ikhwan. *Pembuatan Program Hitung Produksi Menggunakan Bahasa Pemograman Visual Basic Net Untuk Menghitung Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Tambang Gamping PT. Semen Padang*. Padang : Universitas Negeri Padang. Skripsi. (2017)
- [3] Partanto Prodjosumarto. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Institut Teknologi Bandung. (1996)
- [4] Tenriajeng, A. T. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Penerbit Gunadarman: Jakarta. (2003)
- [5] Indonesianto, Yanto. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: UPN Veteran Yogyakarta. (2010)
- [6] Wedhanto, Sony. *Alat Berat dan Pemindahan Tanah Mekanis*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang. *Jurnal Teknik Sipil Vol 13* pp. 41-64, (2009)
- [7] Nabar Darmansyah, *Pemindahan Tanah Mekanis dan Alat Berat*. Palembang: Universitas Sriwijaya. Skripsi. (1998)

- [8] Riki, Rizki Ilahi, dkk. *Kajian Produktivitas Alat gali Muat dan Alat Angkut Pada pengupasan Tanah Penutup Pit 3 Bangko Barat PT. Bukit Asam (persero) TBK UPTE*. Palembang: Universitas Sriwijaya. *Jurnal Geosains* **Vol. 9** No.1 pp. 57-60, (2013)
- [9] Rochmanhadi. *Alat Berat dan Penggunaanya* Jakarta: Departemen Perkejaan Umum. (1983)
- [10] Thomas J. Kakiay. *Dasar Teori Antrian untuk Kehidupan Nyata*. Penerbit Andi: Yogyakarta. (2004)
- [11] Anaviroh. *Model Antrian Satu Server dengan Pola Kedatangan Berkelompok*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta. Skripsi. (2011)
- [12] Utami, Farisyah Melladia, dkk. *Studi Perbandingan Antara Model Match Factor dengan Model Antrian untuk Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan Alat Gali-Muat dan Alat Muat Penambangan Batubara PT. Bukit Asam Tanjung Enim*". Palembang: Universitas Sriwijaya. Skripsi. (2012)
- [13] Ercelebi S.G dan Bascetin. Optimization of Shovel-Truck System for Surface Mining. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. **Vol. 109**, pp. 433-439, (2009)
- [14] Kuntjojo. *Metodologi Penelitian*. Kediri. (2009)