

Evaluasi Kinerja Alat Gali Muat dan Angkut Menggunakan Metode Antrian Dan Kapasitas Produksi pada Penambangan Andesit di PT Bintang Sumatra Pacific

Ilham Muhammad Agung^{1*}, Mulya Gusman²

¹Jurusan Teknik pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*ilhamagungtambang@gmail.com

mulyagusman@ft.unp.ac.id

Abstract. Zones 1 and 3 are one of the mining locations in the PT.BSP area, in the andesite mining process in Zone 1 it uses 6 pieces of conveyance and 1 loading device and in the stripping process for loads in zone 3 uses 4 pieces of conveyance and 1 piece of loading tool. This happens because of lack of discussion The composition of mechanical devices and the amount of waiting time that occurs on the conveyance. The purpose of this study is to count products in zone 1 and zone 3, count equipment in zone 1 and zone 3, get funds and calculate queuing times for production in zone 1 and zone 3, and get a matching factor equal to 1. In this research the theory and field data are combined so that it can be completed. And the results of data processing will be analyzed so that a meeting can be generated later. Based on the results of the study can be concluded. First, productivity of komatsu PC200 in Zone 1 is 249.9 tons / hour and productivity of komatsu DT FM500TI is 357 tons / hour. In Zone 3 komatsu PC 200 productivity is 175 bcm / hour and komatsu DT FM500TI 260 productivity is 160,448 bcm / hour. Second, the composition of the available equipment for Zone 1, namely 1 loading device and 6 conveyances, Zone 2, 1 loading device and 4 conveyances. Third, trying to reduce the queue time to make improvements to the composition is not necessary because of increased damtruk added. Fourth, analyze the calculations at Zone 1 = 0.363 and Zone 3 = 0.6140 MF <1 unit. It means that the working factor of the loading tool is less than 100% and the working factor of the conveyance is more than 100% or the ability of the excavator is less than the working of the conveyance due to the large waiting time of the conveyance.

Keywords: production capacity, matching factors, queuing theory, andesite mining, mining equipment

1. Pendahuluan

Adanya PT Bintang Sumatra Pacific sebagai salah satu perusahaan swasta yang bergerak dalam bidang penambangan batu *andesite* ikut terdorong untuk mengoptimalkan penggalian cadangan batuan andesit yang ada. Khususnya di daerah Jorong Lubuk Jantan Kenagarian Manggilang Kecamatan Pangkalan Koto Baru Kabupaten Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat. Pengolahan batu *andesite* di PT Bintang Sumatra Pacific dilakukan dengan alat peremuk (*crusher*). Singkatnya batu *andesite* dari area tambang diangkut menggunakan *dump truck* langsung ditumpahkan ke *crusher* untuk pengolahan selanjutnya. Penambangan batuan *andesite* di PT Bintang Sumatra Pacific dilakukan dengan system penambangan terbuka dengan metode *quarry*. Karena Kecamatan Pangkalan Koto Baru merupakan salah

satu daerah yang memiliki potensi terhadap bahan galian golongan C/ batuan gunung. dengan potensi tersebut, membuat perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan melakukan kegiatan penambangan di Kecamatan Pangkalan Koto Baru.

Salah satu dari daerah yang menjadi sasarannya adalah Kenagarian Manggilang. Karena merupakan batuan beku dan memiliki nilai kekerasan yang tinggi, proses penambangan tidak bisa dilakukan dengan metoda *Ripping-Dozing*. Kegiatan peledakan merupakan kegiatan yang dipilih untuk membongkar batuan dan untuk mendapatkan ukuran material yang lebih kecil. Setelah dilakukan peledakan material diangkut dengan menggunakan *dumptruck* ke bagian pengolahan. Tahap pengolahan yaitu berupa pengecilan ukuran dengan metode penghancuran (*crushing*) dengan alat yang digunakan yaitu *jaw crusher (primary crusher)*, *cone crusher (secondary*

dan *tertiary crusher*) agar sesuai dengan kebutuhan konsumen.

Kegiatan awal proses penambangan dimulai dari kegiatan survey pemetaan, pembersihan lahan (*land clearing*), pengupasan dan pengangkutan top soil, pengupasan dan pengangkutan tanah penutup (*overburden*), pengeboran dan peledakan batuan andesit, Penambangan andesit dilakukan oleh pihak PT. Bintang Sumatra Pacific sedangkan pengangkutan dilakukan oleh pihak kontraktor yang akan dihantar ke crusher tanpa melibatkan diri di kegiatan pemasaran batuan andesit.

Kegiatan penambangan excavator di PT. Bintang Sumatra Pacific menggunakan 3 alat muat yaitu dua excavator komatsu PC 200 dan satu excavator kobelco SK 330, 3 alat angkut yaitu DT Tipe FM260 TI, 1 buldozer D85E-55 dan 1 vibro compactor sakai tipe 512TF. Pada produksi pengupasan dan penambangan batuan andesit pada PT. Bintang Sumatra Pacific mengalami tidak tercapainya target karena kurang baiknya komposisi alat mekanis dan dan banyaknya waktu tunggu pada alat angkut, sehingga menyebabkan turunnya produktivitas alat mekanis yang digunakan. Terjadinya antrian alat angkut sehingga menyebabkan komposisi alat tidak serasi.

Sesuai dengan data kegiatan penambangan yang mempunyai pengeluaran yang besar sehingga perusahaan ingin meningkatkan produksi menjadi 25.000ton/bulan. Salah satu langkah yang akan diambil agar target yang diinginkan perusahaan dapat dipenuhi adalah dengan mengatur ulang *Alat Gali Muat dan Angkut* dalam mengangkut produk batu andesite yang belum optimal. Untuk mengetahui jumlah tonnase Alat Gali Muat maka dilakukan dengan uji *lapangan*. Uji lapangan merupakan salah satu jenis pengujian kapasitas alat, dengan tujuannya untuk mengetahui jumlah (tonnase) dan efisiensi dari kuantitas dan kualitas alat baik itu dari *Excavator*, *Dump Truck*, dll. Dari hasil yang didapat diharapkan bisa dijadikan dasar penentuan sikap dalam menangani Alat Gali Muat ini ke depannya.

2. Kajian Teori

2.1. Ganesa Endapan Batu Andesit

Andesit berasal dari magma yang biasanya meletus dari *strato volcanoes* pada lahar tebal yang mengalir, beberapa diantaranya penyebarannya dapat mencapai beberapa kilometer. Magma andesit dapat juga menghasilkan letusan seperti bahan peledak yang kuat yang kemudian membentuk *aruspyroclastic dan surges* dan suatu kolom letusan yang sangat besar.

Andesit terbentuk pada temperatur antara 900 dan 1,100 derajat Celsius.

Andesit adalah batuan lelehan dari *diorit*, mineralnya berbutir halus, komposisi mineralnya sama dengan *diorit*, warnanya kelabu^[1]. Gunung api di Indonesia umumnya menghasilkan batuan andesit dalam bentuk lava maupun *piroklastika*. Batuan andesit yang banyak mengandung *hornblende* disebut andesit *hornblende*, sedangkan yang banyak mengandung *piroksin* disebut andesit *piroksin*.

2.2 Kandungan Batu Andesit

Mineral-mineral yang dikandung batuan andosit bersifat mikroskopis, sehingga tak bisa dilihat tanpa batuan mikroskop. Material-material itu antara lain adalah :

- Silika (SiO₂), dengan jumlah antara 52-63 %
- Kuarsa, dengan jumlah sekitar 20 %
- Biotite
- Basalt
- Feltise
- Plagiocase feldspar
- pyroxene* (*clinopyroxene* dan *orthopyroxene*)
- hornblende* dengan persentase sangat kecil

Di lapangan, morfologi batuan andesit dapat dikenali dari warna abu-abu yang dominan sampai merah. Warna ini menandakan kandungan silicanya yang cukup besar. Ciri morfologi lainnya adalah memiliki pori-pori yang cukup padat dan struktur yang sangat pejal. Tapi struktur kepadatan batuan andesit masih di bawah batuan granit. Batuan Andosit berbentuk kristalin. Terdapat beberapa macam Kristal mineral pada batuan andesit. Kristal-kristal ini sudah terbentuk jauh sebelum proses pembekuan magma terjadi. Karena itu, para ahli geologi bisa mengidentifikasi sejarah perjalanan magma dari kristalin yang terdapat pada batuan andesit.^[2]

Kristal-kristal penyusun batuan andesit memiliki dua ukuran. Perbedaan ukuran ini terjadi karena magma yang keluar ke permukaan bumi belum sempat terkristal akan terkristal dengan cepat karena suhu permukaan yang rendah. Hasilnya adalah dua Kristal dengan ukuran yang berbeda. Kedua Kristal tersebut adalah *fenokris* dan *groundmass*. *Fenokris* adalah Kristal besar yang sudah terbentuk perlahan-lahan sejak dibawah permukaan bumi, dan *ground mass* adalah Kristal berukuran kecil yang terbentuk dengan cepat dipermukaan. Pada umumnya, jenis kristal-kristal dalam batuan andesit seragam (*fenokris* saja atau *groundmass* saja). Namun ada kejadian dimana, batuan andesit mengandung keduanya, baik *fenokris* maupun *ground mass*. Batuan andesit dengan ciri-ciri seperti ini disebutkan desit porfiri.

Walaupun pada umumnya berwarna abu-abu, namun pada kondisi cuaca tertentu, batuan andesit bisa saja memiliki warna coklat tua. Karena itu untuk mengidentifikasinya perlu dilakukan pemeriksaan lebih

detail. Jika ditemukan ada batuan yang memiliki ciri morfologi sama dengan batuan andesit tapi belum pasti akan kandungan kimianya, maka untuk sementara batuan tersebut disebut *andesitoid*. Setelah dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan mineralnya barulah diputuskan apakah batuan ini benar merupakan batuan andesit atau bukan.

2.3. Sifat Fisik Batuan Andesit

Sifat fisik batu andesit yang akan dijelaskan sebagai berikut:

2.3.1 Density Batuan Andesit(*In situ*)

Density insitu diartikan sebagai berat batuan di alam persatuan volume, dinyatakan dalam ton/m^3 . *Density* batuan andesit di area penambangan adalah $2,6 \text{ ton/m}^3$

2.3.2 Density Batuan Lepas (*Loose*)

Density batuan lepas diartikan sebagai berat batuan dalam keadaan lepas persatuan volume. Dinyatakan dalam ton/m^3 . Kerapatan batuan andesit dalam keadaan lepas di area penambangan adalah $1,65 \text{ ton/m}^3$

2.4. Proses Penambangan Batu Andesit

2.4.1. Eksplorasi Andesit

Kegiatan eksplorasi andesit dilakukan melalui beberapa tahap yaitu:

1) Penelitian geologi

Kegiatan ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui batas penyebaran secara lateral, termasuk mengumpulkan segala informasi geologi dan pemetaan topografi. Peta topografi pada tahap ini berskala 1 : 500.

2) Penelitian Geofisika

Penelitian yang umum dilakukan berupa pendugaan geolistrik, yaitu penelitian berdasarkan sifat tahanan jenis batuan. Kegiatan ini diselenggarakan dengan data geologi permukaan ataupun bawah permukaan. Hasil interpretasi disajikan dalam bentuk penampang geologi yang didasarkan kepada hasil pengolahan data pengukuran geolistrik dengan menghubungkan setiap titik duga satu dengan yang lainnya. Keadaan geologi ini akan memperlihatkan penyebaran, baik secara vertical maupun lateral pada suatu penampang. Pendugaan geolistrik secara umum akan menyajikan data lapisan tanah pucuk dan lapisan andesit.

3) Pemboran

Kegiatan ini dilakukan untuk pengecekan secara rinci data endapan bagi keperluan perhitungan cadangan. Pada tahap ini akan dilakukan pengambilan contoh sampel untuk keperluan analisis laboratorium dan mekanika batuan.

4) Perhitungan Cadangan

Perhitungan cadangan yang terdapat di daerah penyelidikan dilakukan dengan cara metoda penampang (*cross section method*) yang sangat cocok untuk batuan yang penyebarannya homogen serta ketebalannya relative merata^[3]. Volume cadangan dihitung per luas penampang yang dimensinya adalah diantara dua luas daerah penampang dan ketebalan pada titik-titik eksplorasi disekelilingnya. Dengan menjumlahkan volume seluruh penampang yang ada di daerah penyelidikan tersebut, maka jumlah cadangan dapat diketahui.

2.4.2. Studi Kelayakan

Menganalisis hasil dari eksplorasi, untuk menentukan layak atau tidaknya penambangan andesit dari segi cadangan, ekonomi, lingkungan, social dan budaya. Jika penambangan dikatakan layak dan menguntungkan, serta memiliki modal yang sesuai untuk penambangan, kegiatan dilanjutkan ke tahap persiapan sarana dan prasarana (*development*).

2.4.3. Persiapan Sarana dan Prasarana (*Development*)

Meliputi pembangunan sarana dan prasarana tambang antara lain jalan, perkantoran, tempat penumpukan (*stockpile*), mobilisasi peralatan, sarana air, *work-shop*, listrik (*genset*), serta poliklinik.

2.4.4. Eksploitasi Andesit (*Penambangan*)

Metode penambangan yang biasa diterapkan terhadap andesit adalah tambang terbuka (*quarry*). Bentuk topografi bahan galian umumnya berbentuk bukit, dan penambangan dimulai dari puncak bukit (*top hill type*) ke arah bawah (*top down*) secara bertahap membentuk jenjang (*bench*). Secara garis besar tahapan kegiatan penambangan dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Kegiatan Pembersihan Lahan (*Land clearing*)

Land clearing adalah kegiatan awal dalam proses penambangan dimana pembersihan lahan (*land clearing*) bertujuan untuk membersihkan tumbuh-tumbuhan maupun pepohonan dari area yang akan ditambang sehingga kegiatan penambangan dapat dilakukan dengan mudah tanpa harus terganggu

dengan adanya gangguan tumbuhan yang ada di daerah penambangan. Pekerjaan ini dilakukan sebelum tahap pengupasan lapisan tanah penutup dimulai.

2) Kegiatan Pengupasan dan Penggalian *Overburden*

Overburden (OB) merupakan lapisan penutup yang bersifat tidak humus yang menutupi lapisan batu andesit. Jadi proses selanjutnya setelah selesai pekerjaan *land clearing* dan dilanjutkan dengan pekerjaan pengupasan tanah penutup (*overburden*), dan kemudian diangkut ke tempat penimbunan yang telah ditentukan yang biasa disebut *dumping point*, *waste dump* atau *disposal area*. Biasanya untuk *disposal area* di posisikan di sepanjang jalan menuju lokasi penambangan. Seiring dengan penggalian *overburden*, juga dilakukan pembuatan jenjang jenjang (*bench*) pada lereng (*slope*) untuk mencegah terjadinya longsor. Material tanah penutup (*overburden*) dilokasi penambangan PT Bintang Sumatra Pacific didominasi oleh *Silt stone*.

3) Penimbunan Tanah Penutup ke *Disposal Area*

Sebagai kelanjutan dari pengupasan tanah penutup (*overburden*), maka perlu disediakan suatu tempat khusus untuk penumpukan dan penyimpanan tanah penutup tersebut (yang diambil dari *pit*), yang biasa disebut dengan *disposal area*.

4) Pemboran (*Drilling*)

Setelah *Over burden* dikupas dan dipindahkan ke *disposal area*, selanjutnya batu andesit akan mulai ditambang. Batu andesit adalah batuan yang kompak dan memiliki kekerasan yang tinggi. Oleh karena itu dilakukannya kegiatan pemboran untuk pembuatan lubang ledak.

5) Kegiatan Peledakan (*Blasting*)

Kegiatan peledakan dilakukan untuk membongkar batu andesit dan membuat batu andesit tersebut menjadi ukuran yang lebih kecil. Sehingga memudahkan untuk ke tahap berikutnya.

6) Pemuatan (*Loading*)

Volume batuan yang terbongkar akibat hasil peledakan selanjutnya dilakukan aktifitas pemuatan material ke *dump truck*.

7) Pengangkutan (*Hauling*) ke *Stock file*

Pengangkutan bertujuan memindahkan material tanah penutup (*overburden*) dari tambang ke lokasi

penimbunan (*disposal area*) atau memindahkan batu andesit menuju *stock file*.

8) Penempatan Material (*Dumping*)

Kegiatan *dumping* dilakukan di tempat pengolahan batu andesit yaitu langsung ke *Hopper*. *Hopper* merupakan suatu bagian dari instalasi pada rangkaian peremuk batu andesit yang berfungsi sebagai tempat penampungan batu andesit, tetapi ada juga *dumping* yang dilakukan di ROM atau tempat penyimpanan batuan sementara sebelum diteruskan ke *hopper*, halitu biasanya disebabkan karena lamanya antrian *dump truck* pada *hopper*.

9) Peremukan (*Crushing*)

Proses peremukan (*crushing*) adalah salah satu proses pengecilan ukuran fragmentasi dari hasil peledakan yang bertujuan untuk menyeragamkan ukuran batu andesit.

2.4.5. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar adalah waktu yang diperlukan alat berat untuk menyelesaikan suatu proses gerakan : mulai dari gerakan awal hingga akhir dan kembali kesemula atau awal (menggali, memuat, mengangkut, membuang, manuver, kembali). Waktu edar dibagi dua:

1) Waktu Tetap (*Fixed Time*)

Waktu tetap adalah waktu yang diperlukan untuk gerakan- gerakan tetap, seperti: memuat, menumpahkan dan manuver.

2) Waktu Tidak Tetap (*Variable Time*)

Waktu tidak tetap adalah waktu yang berubah-ubah tergantung dari jarak dan kondisi lapangan.

Waktu Siklus = Waktu Tetap + Waktu Tidak Tetap

Untuk memperbesar produksi alat berat perjam, yaitu dengan memperkecil waktu edar sehingga trip/rit dalam jam menjadi besar. Beberapa cara untuk mengurangi waktu edar, sebagai berikut:

1) Mengurangi Waktu Tetap

Mengurangi waktu tetap dapat dilakukan dengan:

- Pemuatan material oleh alat diusahakan merupakan pemuatan kebawah dan jangan keatas.
- Sesuaikan jumlah alat pengangkutan dengan kemampuan alat pemuat sehingga tidak ada alat pengangkut yang menunggu untuk dimuat material.

2) Mengurangi Waktu Tidak Tetap

Mengurangi waktu tidak tetap dapat dilakukan dengan:

- Menentukan jalur/*route* kerja betul dan ekonomis dari beberapa alternatif.
- Pemeliharaan jalan kerja secara teratur/rutin dan jangan sampai rusak karena menunggu operasional kerja.

Berikut ini cara untuk menghitung waktu siklus:

- Waktu edar yang dibutuhkan oleh alat gali-muat (*excavator*)

$$C_{tm} = T1+T2+T3+T4 \quad (1)$$

- Waktu edar yang dibutuhkan oleh alat angkut (*dump truck*)

$$C_{ta} = T1+T2+T3+T4+T5+T6 \quad (2)$$

2.4.6. Ketersediaan Alat Mekanis

Ketersediaan alat mekanis juga sering disebut dengan *availability* suatu alat mekanis. Beberapa jenis *availability* alat yang dapat menunjukkan keadaan alat mekanis dan keefektifan penggunaannya antara lain :

1) Mechanical Availability

Mechanical Availability adalah faktor *availability* yang menunjukkan kesiapan (*available*) suatu alat dari waktu suatu alat yang hilang dikarenakan kerusakan atau gangguan alat (*mechanical reason*).

$$Ma=(w/w+r) \times 100\% \quad (3)$$

2) Physical Availability

Physical Availability adalah faktor *availability* yang menunjukkan berapa jam (waktu) suatu alat dipakai selama jam total kerjanya (*schedule hours*). Jam kerja total meliputi *working hours+repair hours+standby hours*. *Standby hours* adalah waktu dimana alat siap pakai atau tidak rusak, tetapi karena satu dan lain hal tidak dipergunakan ketika operasi penambangan sedang berlangsung. Perlu diingat bahwa *off shift* tidak diperhitungkan sebagai *standby hours*. *Schedule hours* adalah waktu dimana tambang dikerjakan (*the pit is worked*). Dan hal ini meliputi *hours worked+repair hours+standby hours*.

$$PA=(w+s/w+r+s) \times 100\% \quad (4)$$

Physical availability akan menunjukkan catatan sejarah alat dan menunjukkan apa yang sudah dilakukan selama selang waktu yang lampau. *Physical*

availability merupakan faktor *availability* penting untuk menyatakan unjuk kerja *mechanical* alat dan juga sebagai petunjuk terhadap efisiensi mesin dalam program penjadwalan^[4]. Nilai *physical availability* biasanya lebih besar daripada nilai *mechanical availability*, tetapi nilai keduanya bisa sama, apabila *standby hours* sama dengan 0. Jika nilai *physical availability* mendekati nilai *mechanical availability*, berarti efisiensi operasi meningkat.

3) Use of Availability

Dari *use of availability* (UA) akan dapat diketahui apakah suatu pekerjaan berjalan dengan efisien atau tidak. Selain itu dapat juga diketahui apakah pengelolaan alat berjalan dengan baik atau tidak.

$$UA=(w/w+s) \times 100\% \quad (5)$$

4) Effective Utilization

Effective utilization merupakan angka yang menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif. Nilai EU inilah yang digunakan sebagai efisiensi kerja suatu alat

$$EU=(w/w+r+s) \times 100\% \quad (6)$$

2.5. Sinkronisasi Alat Muat dan Alat Angkut (Match Factor)

Keserasian kerja yang dimaksud ini adalah bahwa keserasian antara alat muat yang berkerjasama dengan alat angkut, yang diharapkan adalah efisiensi 100%. Hal ini berarti alat muat maupun alat angkut tidak pernah menunggu tanpa rencana. Sinkronisasi alat muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan dapat diketahui dengan cara menghitung besarnya *match factor* (faktor keserasian) alat muat dan alat angkut. Besarnya nilai *match factor* adalah:

- $MF < 1$, berarti faktor kerja alat muat lebih kecil dari 100% dan faktor kerja alat angkut 100% atau dengan kata lain kemampuan alat angkut lebih besar dari pada kemampuan alat muat sehingga akan terjadi waktu tunggu bagi alat muat.
- $MF = 1$, berarti faktor kerja alat muat dan alat angkut sama, sehingga tidak ada waktu tunggu lagi bagi kedua alat mekanis tersebut.
- $MF > 1$, berarti faktor kerja alat muat 100% dan faktor kerja alat angkut kurang dari 100% atau kemampuan alat muat lebih besar dari kemampuan

alat angkut, akibatnya waktu tunggu alat angkut besar

Besarnya *match factor* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$MF = (n) (nH) (cL) / (nL)(cH) \quad (7)$$

2.6. Kapasitas Produktivitas Alat

1) Produktivitas Alat Gali-Muat

Produktifitas alat gali-muat dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = \frac{60}{CT} \times q \times E \times \text{Densitas}$$

Dimana $q = q_1 \times k$ (8)

2) Produktivitas Alat Angkut

Berdasarkan *hand book* komatsu edisi 30, produktifitas alat angkut dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = \frac{60}{CT} \times C \times E \times M \times \text{Densitas}$$

$C = n \times q_1 \times k$ (9)

2.7 Teori Antrian

2.7.1. Pengertian Teori Antrian

Pada dasarnya, antrian dihasilkan dari permintaan sementara melebihi kapasitas layanan fasilitas, setiap kali pelanggan yang tiba tidak bisa menerima pelayanan segera karena semua server sibuk. Situasi ini adalah hampir selalu terjadi di beberapa waktu dalam setiap sistem yang memiliki kedatangan probabilistik dan pola layanan. antrian terdapat pada kondisi apabila obyek-obyek menuju suatu area untuk dilayani, namun kemudian menghadapi keterlambatan disebabkan oleh mekanisme pelayanan mengalami kesibukan.^[5] Antrian timbul karena adanya ketidakseimbangan antara yang dilayani dengan pelayanannya.

Sistem antrian dapat dijelaskan sebagai kedatangan pelanggan atau unit-unit yang membutuhkan pelayanan pada suatu sisten pelayanan. Pelanggan bergabung pada barisan penungguan (antrian) untuk dilayani^[6]. Analisa dari teori antrian menyediakan informasi tentang kemungkinan yang dapat membantu dalam mengambil keputusan untuk menciptakan sistem antrian dengan tujuan untuk mengatasi permintaan pelayanan yang fluktuatif

secara acak dan menjaga keseimbangan antara biaya pelayanan dan biaya menunggu.

Proses antrian (*queueing process*) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan konsumen pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu barisan (antrian) bila fasilitas pelayanan sedang sibuk konsumen tersebut akan menunggu dan konsumen akan meninggalkan fasilitas pelayanan tersebut apabila sudah mendapatkan pelayanan^[7]

2.7.2 Elemen-Element Pokok dalam Sistem Antrian

Sistem antrian adalah kedatangan pelanggan untuk mendapatkan pelayanan, menunggu untuk dilayani jika fasilitas pelayanan (server) masih sibuk, mendapatkan pelayanan dan kemudian meninggalkan sistem setelah dilayani. Pada umumnya, sistem antrian dapat diklasifikasikan menjadi sistem yang berbeda-beda di mana teori antrian dan simulasi sering diterapkan secara luas. Terdapat 5 (lima) elemen pokok dalam antrian: 1) Sumber Input 2) Antrian 3) Disiplin Pelayanan 4) Mekanisme Pelayanan 5) Proses Antrian Dasar^[8]

2.7.3. Karakteristik Sistem Antrian Putaran

Operasi antrian adalah memakai sistem antrian putaran terdiri dari kumpulan tahap atau fase dalam suatu rangkaian tertutup. Sistem ini memakai 1 unit alat muat sebagai pelayan untuk melayani alat angkut sebagai pelanggan. Pada tiap tahap, pelanggan menerima pelayanan. Pelanggan yang selesai pada tahap i dengan segera antri untuk mendapatkan pelayanan pada tahap $i + 1$, $i = 1, 2, \dots, M$, dimana M adalah jumlah seluruh tahap. Output dari tahap i adalah input pada tahap $i + 1$. Setelah mendapatkan pelayanan lengkap pada tahap M , pelanggan antri untuk mendapatkan pelayanan pada tahap i , jadi tahapnya berulang kembali. Karena operasi ini adalah sebuah rangkaian tertutup, maka hanya ada pelanggan (N) dengan jumlah terbatas dalam seluruh tahap.

Sebagai contoh, pada operasi penambangan yang melibatkan sebuah alat gali-muat, dan beberapa truk yang terdiri dari empat tahap, yaitu:

- 1) Tahap 1 merupakan tahap pemuatan alat angkut, μ_1
- 2) Tahap 2 merupakan pelayanan pengangkutan ke *disposal*, μ_2
- 3) Tahap 3 merupakan pelayanan alat angkut menumpahkan muatannya, μ_3
- 4) Tahap 4 merupakan pelayanan truk kembali ke *front* penambangan, μ_4

3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan jenis penelitian terapan. penelitian terapan adalah penelitian yang dilakukan dengan tujuan menerapkan, menguji dan mengevaluasi kemampuan suatu teori yang diterapkan dalam memecahkan masalah-masalah praktis^[9]. Berarti hasilnya diharapkan segera dapat dipakai untuk keperluan praktis. Teknik pengumpulan data yang dilakukan peneliti adalah sebagai berikut: Studi literature ,Orientasi lapangan, Data-data yang diambil pada saat penelitian dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu Data Primer. Data primer yaitu data dikumpulkan dengan melakukan pengamatan dan pengukuran langsung dilapangan. Data yang diambil secara langsung adalah *Cycle Time*

Sedangkan Data Sekunder adalah data yang dikumpulkan dan didapatkan dari PT Bintang Sumatra Pacific Data sekunder tersebut adalah sebagai berikut:1) Target Produksi 2)Spesifikasi Alat Tambang Utama dan Pendukung 3) Jumlah Alat 4) Peta Geologi dan Data Curah Hujan. Sedangkan teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini. Pengolahan data adalah suatu proses dalam memperoleh data ringkasan atau angka ringkasan dengan menggunakan cara- cara atau rumus-rumus tertentu^[10]. Pengolahan data bertujuan mengubah data mentah dari hasil pengukuran menjadi data yang lebih halus sehingga memberikan arah untuk pengkajian lebih lanjut ^[11]

Analisis data adalah memperkirakan atau dengan menentukan besarnya pengaruh secara kuantitatif dari suatu (beberapa) kejadian terhadap suatu (beberapa) kejadian lainnya, serta memperkirakan / meramalkan kejadian lainnya. Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan penulis menggunakan rumus-rumus melalui literatur yang ada untuk menganalisis data. ^[12]

Analisis data yang dilakukan antara lain: 1)Menghitung produksi *Excavator* sebelum target diubah. 2) Menghitung persentase produk sebelum target diubah. 3) Menghitung produksi *Excavator* setelah target diubah. 4) Menghitung persentase produk setelah *Excavator* dan *Dump Truck* diubah. 5) Menghitung efektivitas kerja dari *Excavator* dan *Dump Truck*. 6) Membandingkan data sebelum dan sesudah alat gali muat diubah dan 7) Menghitung nilai *production rate index*.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data

Penelitian yang penulis lakukan di PT.Bintang Sumatra Pacific berlokasi pada zona 1 dan zona 3 yang

membahas penambangan Overburden pada zona 3 dan Andesit pada zona 1, dimana alat yang digunakan pada zona 1 adalah 1 unit *Excavator PC 200* dan dilayani 6 DT, Zona 3 dengan 1 unit *PC 200* melayani 4 DT, dengan data sebagai berikut :

Tabel 1. Data Waktu Edar Rata-rata *Excavator PC*

Fleet	Alat	Rata-rata Waktu Edar (detik)
1	<i>Excavator Komatsu PC 200 ob</i>	15,79
2	<i>Excavator Komatsu PC 200</i>	20

Tabel 2. Data Waktu Edar Rata-rata HD Komatsu

Fleet	Alat	Rata-rata Waktu Edar (menit)
1	Komatsu HD lohan	8,566
2	Komatsu HD	120

4.2. Layout Penambangan

Zona 1 terletak di bagian depan wilayah penambangan dengan berjarak 30 km, menuju crusher dengan material yang digali adalah *Andesit*, *Zona 3* terletak di bagian atas dengan berjarak 220 m menuju disporsal area dengan material yang digali adalah *clay*.

4.3. Komposisi Alat yang Tersedia

Jumlah alat yang tersedia akan menunjang pencapaian target produksi perusahaan. Komposisi alat yang dimiliki oleh PT. Bintang Sumatra Pacific yakni pada bulan September 2019 di *Zona 1* dan *3* dapat dilihat pada

Tabel 3. Komposisi Alat *Zona 1* dan *3*

Fleet	Unit	Jumlah
		unit
1	Komatsu PC 200	1
	Komatsu DT	6
3	Komatsu PC 200	1
	Komatsu DT	4

4.4. Target Produksi Andesit

Target produksi yang digunakan adalah target produksi pada perusahaan. Adapun rencana produksi pada bulan September 2019 adalah 25.000 Ton. Sedangkan data produksi andesit yang didapat pada *zona 1* adalah 3460 dalam 9 hari sedangkan jika dihitung dalam satu bulan sebanyak 11.533 ton pada *zona 1* sedangkan sisa produksi andesit berada pada *zona 2* dan *zona 3*.

4.5. Perhitungan Produktivitas Alat Gali-Muat, Alat Angkut dan Match Factor

Waktu edar atau cycle time untuk alat gali muat didapatkan hasil pengamatan langsung di lapangan kemudian dilakukan pengolahan dan *cycle time*^[13]. Perhitungan produktivitas alat gali-muat dan alat angkut ditentukan dengan memperhitungkan *cycle time*, kapasitas alat, efisiensi kerja, dan beberapa parameter lain yang bisa mempengaruhi jam bekerja untuk alat produksi. Beberapa faktor itu diantaranya waktu untuk pengisian bahan bakar, pelumasan, tunggu alat, waktu untuk istirahat dan nilai efisiensi kerja.

4.5.1. Perhitungan Efisiensi Kerja

Sebelum dilakukan perhitungan produktivitas alat gali muat dan angkut terlebih dahulu harus dihitung jam kesediaan alat yang digunakan pada *Excavator, Heavy Dumptruck* saat melakukan pekerjaan pengupasan *overburden* di Zona 3. Tabel merupakan waktu yang dibutuhkan alat dalam kegiatan.

Tabel 4. Waktu yang dibutuhkan alat dalam kegiatan penambangan

No	Alat	Jam tersedia(jam)	R (repair) Jam	W (work) Jam	S (standby) Jam
1	DT	420	3	375	42
2	PC200	420	0,7	377,3	42

Dari efisiensi kerja yang dihasilkan antara waktu efektif yang produktif dengan waktu kerja yang tersedia ,hal ini merupakan salah satu factor yang dapat mempengaruhi besar kecilnya produksi alat yang dicapai,dari pengalaman di lapangan pekerja mesin tidak mungkin bekerja 60 menit dalam 1 jam,sehingga efisiensi kerja jarang mencapai lebih dari 71,4% dalam artian bagus.

Tabel 5. MA,PA,UA dan EU alat gali-muat dan angkut

No	Alat	MA %	PA %	UA %	EU %
1	DT	99.2	99.28	89.9	89.28
2	PC 200	99.8	99.83	89.98	89.83

Pengupasan *overburden* dilakukan dengan menggunakan kombinasi antara Komatsu PC 200 Zona 1, Komatsu PC 200 Zona 3, dengan alat angkut DT pada masing masing Zona.

Tabel 6. Produksi alat gali muat pengupasan *overburden* dan penambangan andesit

No	Fleet	Unit	Kapasitas bucket	Bucket Fill Factor	Cycle Time	Efisiensi kerja	Sweel factor
1	Zona 1	PC 200	1 bcm	0,85	20 Detik	0,7142	0,85
		DT	6 bcm	0,85	2 Jam	0,56	0,85
2	Zona 3	PC 200	1,2 bcm	0,85	15,79 Detik	0,8928	0,85
		DT	30 bcm	0,85	8,566 menit	0,8983	0,85

Produktivitas alat alat angkut DT yang di muat PC 200 untuk bulan September sebesar 35,7 ton /jam. Rekapitulasi produktivitas alat gali-muat dan alat angkut dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Rekapitulasi Produktivitas alat gali-muat&angkut

Zona	Unit	Produktifitas Bcm/Ton*jam	Target produksi Bcm/Ton*jam
1	Komatsu PC 200	92,88	
	Komatsu DT	35,7	25.000
3	Komatsu PC 200	175	
	Komatsu DT	160,448	

4.6. Simulasi Teori Antrian

4.6.1 Penentuan Model Sistem Antrian

Berdasarkan pengamatan di lapangan barisan antrian termasuk ukuran kedatangan secara terbatas dan karena hanya dilayani oleh satu unit *Excavator* maka pelayanannya adalah pelayanan tunggal (*single server*)dengan disiplin pelayanan pertama datang pertama dilayani ($FCFS = firstcome first service$). Alat angkut HD 785 dengan sistem kerjanya terdiri dari 4tahap yang berulang-ulang sehingga untuk perhitungannya menggunakan model antrian putaran (tertutup), dengan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

- a)Tingkat kedatangan pelanggan acak dan tingkat pelayanan tidak tetap.
- b)Mekanisme pelayanan yang diterapkan adalah sistem antrian pelayanan tunggal dengan sumber populasi atau kapasitas terbatas.
- c)Model antrian yang dipakai berlaku jika $MF < 1$ atau tingkat kesibukan kurang dari 100 %.

- d) Waktu tunggu (antri) dapat terjadi pada *Excavator* maupun tempat penumpahan.
- e) Jumlah keadaan antrian terdiri dari 4 tahap yang setiap tahapnya mempunyai tingkat pelayanan.
- f) Untuk tahap pengangkutan dan kembali kosong, diasumsikan sebagai tahap pelayanan sendiri (*self-service*).

4.6.2 Probabilitas Keadaan Antrian (simulasi antrian)

Probabilitas keadaan antrian ditentukan oleh jumlah alat angkut yang digunakan dan keadaan antrian yang terdiri dari 4 tahap. Empat tahap tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Tahap I (μ_1) merupakan tahap pelayanan alat gali-muat untuk memuat material ke alat angkut hingga terisi penuh
- b) Tahap 2 (μ_2) yaitu merupakan tahap pelayanan sendiri yaitu tahap dimana alat angkut dalam perjalanan untuk mengangkut material menuju ke *disposal*.
- c) Tahap 3 (μ_3) yaitu tahap pelayanan alat angkut menumpahkan material di *diposal*.
- d) Tahap 4 (μ_4) merupakan tahap pelayanan sendiri, yaitu alat angkut tidak bermuatan kembali ke *front loading*.

Tabel 8. Perhitungan zona 1 andesit

Zona 1			
Penentuan Tingkat Pelayanan (μ)	Probabilitas Keadaan Antrian	Perhitungan L_{q_i} , L_{q_s} , W_{q_i} , dan W_{q_s}	Jumlah Truk yang Dibutuhkan
Tahap 1 = 7 truk/jam yang dilayani dalam satu jam	84 keadaan koefisien tiap keadaan sistem = 0,001389	L_{q_1} 25 truk	7x ton/jam
Tahap 2 = 1 truk/jam waktu menuju disposal		L_{q_2} 7 truk	
Tahap 3 = 12 truk/jam artinya 12 x dumpingan dalam 1 jam		W_{q_3} 2,13 menit	
Tahap 4 = 1 truk/jam pada tahap 4 ada 1 truk saat kosong		W_{q_4} 0,64 menit	

Table 9. Perhitungan zona 3 overbarden

Zona 3			
Penentuan Tingkat Pelayanan (μ)	Probabilitas Keadaan Antrian	Perhitungan L_{q_i} , L_{q_s} , W_{q_i} , dan W_{q_s}	Jumlah Truk yang Dibutuhkan
Tahap 1 = 24 truk/jam	35 keadaan koefisien tiap keadaan sistem = 0,026012	L_{q_1} 1 truk	6 x bcm/jam
Tahap 2 = 28 truk/jam		L_{q_2} 1 truk	
Tahap 3 = 32 truk/jam		W_{q_3} 3,22 menit	
Tahap 4 = 27 truk/jam		W_{q_4} 3,22 menit	

Total produksi = 6 x 160,448 bcm/jam
 = 962,688 bcm/jam

Jadi total produksi dari perhitungan teori antrian adalah 962,688 bcm/jam

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Produktivitas alat angkut dan alat muat untuk penambangan andesit dan pengupasan overburden pada bulan September 2019 adalah pada Zona 1 produktivitas komatsu PC 200 adalah 92,88 Ton/jam dan produktivitas komatsu Dump Truck FM500 Ti adalah 175 Ton /jam. Pada Zona3 produktivitas komatsu PC 200 adalah 160,488 bcm/ jam dan produktivitas komatsu Dump Truck FM260 Ti adalah 35,7 bcm /jam.
2. Pada Bulan September komposisi alat yang tersedia Zona1 yaitu 1 alat muat dan 6 alat angkut, Zona 3, 1 alat muat dan 4 alat angkut. Berdasarkan perhitungan nilai MF di peroleh nilai MF < 1.
3. Analisa perhitungan MF < 1 pada Zona 1 dan Zona 3.
4. Data produksi andesit yang didapat pada zona 1 adalah 3460 dalam 10 hari sedangkan jika dihitung dalam satu bulan sebanyak 11.533 ton pada zona 1. Sedangkan produksi andesit lainnya berada pada zona 2 dan 3.

5.2 Saran

1. Berdasarkan data saya temui di lapangan saran saya untuk menambah alat angkut supaya mendapatkan produksi yang efisien karena $MF < 1$.
2. Untuk pengerjaan di lapangan, alat harus di perhatikan dan rencana yang telah dibuat agar mencapai target produksi.
3. Upaya yang dilakukan dari waktu tunggu alat angkut yaitu dengan cara mengkaji kembali alat gali muat dari alat yang telah di sediakan.

6. Daftar rujukan

- Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"..
- [8] Prasmoro, Alloysius Vendhi. 2014. "*Optimasi Produksi Dump Truck Volvo FM 440 dengan Metode Kapasitas Produksi dan Teori Antrian di Lokasi Pertambangan Batubara (Studi pada Salah Satu Kontraktor Pertambangan Area Samarinda, Kalimantan Timur)*". Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana.
- [9] Prodjosumarto, Partanto. 1996. "*Pemindahan Tanah Mekanis*". Bandung: Institut Teknologi Bandung
- [10] Sugiyono. 2008. "*Metode Penelitian Kuantitatif dan R&D*". Bandung
- [11] Ariyanto, Anjar. 2003. "*Kajian Teknis Alat Muat dan Alat Angkut dengan Penerapan Metode Antrian untuk Mencapai Sasaran Produksi pada Penambangan Tanah Liat Kuari Temandang PT. Semen Gresik (Persero) Tbk Tuban Jawa Timur.*" Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
- [12] Febrianto, Ardyan, dkk. 2016. "*Kajian Teknis Produksi Alat Gali-Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Overburden di Tambang Batubara PT. Rian Pratama Mandiri Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan*". Yogyakarta: Universitas Veteran
- [13] Yugo Agustinoi, Mulya Gusman. 2018. "*Evaluasi Optimalisasi Alat Gali Muat dengan Metoda Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk Memenuhi Target Produksi Batubara Bulan Maret 2018 di Pit 1 Utara Bangko Barat PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim Sumatera Selatan*" padang: Universitas Negeri Padang
- [1] Dores, Solihin, Sri Widayati. 2018. "*Evaluasi Kinerja Crushing Plant Untuk Mencapai Target Produksi Andesit 80.000 Ton/Bulan Di PT Mitra Multi Sejahtera Desa Mekarsari, Kecamatan Cikalong Kulon, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat*". Bandung: Universitas Islam Bandung.
- [2] Ercelebi S.G dan Bascetin. 2009. "Optimization of Shovel-Truck System for Surface Mining." *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy Volume 109*
- [3] Suryaputra, August. 2009. "*Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup PT. Marunda Grahamineral di Kecamatan Laung Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Kalimantan Tengah*". Yogyakarta: Universitas Veteran.
- [4] Anaviroh. 2011. "*Model Antrian Satu Server dengan Pola Kedatangan Berkelompok*". Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- [5]. Hamdan, Muhammad. 2016. "*Quarterly Plan Penambangan Batubara Tahun 2016 pada Pit SR4 Mine Project PT. Bara Anugrah Sejahtera, kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan*". Padang: Universitas Negeri Padang
- [6] Sumarya. 2012. "*Bahan Ajar Peralatan Tambang*". Padang: Universitas Negeri Padang..
- [7] Indonesianto, Yanto. 2005. "*Pemindahan Tanah Mekanis*". Yogyakarta: Teknik Pertambangan