



Analisis Kebutuhan Alat Gali Muat dan Angkut Pada Blok Ulin PT. Indrabakti Mustika Kec. Langgikima Kab. Konawe Utara

Muhammad Agung^{1*}, Wahab Wahab², Firdaus Firdaus²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan, FITK Universitas Haluoleo, Kendari

²Dosen Jurusan Teknik Pertambangan, FITK Universitas Haluoleo, Kendari

*Corresponding author: muhamadagung072@gmail.com

Article History

Received : 5 Agustus 2020

Revised : 20 September

Accepted : 1 Oktober 2020

Abstrak

Pengelolaan terhadap mineral dapat dilakukan melalui kegiatan pertambangan yang merupakan salah satu usaha industri yang dapat diandalkan untuk mendatangkan devisa bagi negara. PT. Indrabakti Mustika salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan (*nickel ore*), beroperasi sejak tahun 2014 dan telah melakukan penambangan pada 2 Blok di Pit Alpa. PT. Indrabakti Mustika saat ini tengah melakukan penambangan pada Blok A3 yang umur tambangnya akan berakhir pada awal tahun 2021. PT. IBM akan melakukan penambangan pada blok baru, yaitu Blok Ulin yang keberadaannya tepat berada di dekat Blok A3 sebelah selatan, memerlukan suatu perencanaan tambang yang baik agar mencapai sasaran dan tujuan dalam kegiatan penambangannya. Tujuan dalam penelitian ini yaitu menentukan jumlah unit kebutuhan alat gali muat dan angkut dan menentukan produktivitasnya. Metode yang dilakukan yaitu dengan metode kuantitatif yakni penerapan simulasi teori antrian, berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu jarak jalan angkut mulai dari *front* ke tumpukan EFO sejauh 5175 meter, analisis kebutuhan alat ini dengan acuan target produksi 50.000 ton/bulan, berdasarkan perhitungan tahanan gulir, tahanan kemiringan, tahanan total, *rimpull*, *produktivitas* alat dan kombinasi alat menggunakan simulasi teori antrian memerlukan 1 unit *excavator* Komatsu PC 300 dan 5 unit *dump truck* Hino FM 260 Ti dengan *produktivitas* mencapai 56.452 ton/bulan.

Kata kunci : *kebutuhan alat, kombinasi alat, produktivitas alat, target produksi.*

Abstract

Management of the minerals could be done through mining activities which is one of the reliable industrial businesses to bring in foreign exchange for the country. PT. Indrabakti Mustika is one of the companies that engaged in mining (*nickel ore*), has been operating since 2014 and has been mining at 2 Blocks in the Alpa Pit. PT. Indrabakti Mustika is currently mining the Block A3, whose mining life will end in early 2021. PT. IBM will do mining the new block, the Ulin Block, which is located right near Block A3 to the south, requiring a good mine plan to achieve the goals and objectives in its mining activities. The purpose of this study is to determine the number of units of unloading and conveying equipment needs and determine its productivity. The method used is the quantitative method, namely the application of queuing theory simulation, based on the results of research that has been carried out is the haul road distance from the front to the EFO stack as far as 5175 meters, analysis of the need for this tool with a reference production target of 50,000 tons / month, according to the calculation of scroll resistance, slope resistance, total resistance, *rimpull*, productivity equipment and combination of tools using queuing theory simulation through require 1 unit of Komatsu PC 300 excavator and 5 units of Hino FM 260 Ti dump truck with productivity reaching 56,452 tons / month.

Keywords: *equipment needs, equipment combinations, equipment productivity, production targets.*

1. Pendahuluan

Pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang [1]. Manajemen alat berat merupakan suatu proses manajemen terhadap semua aspek alat berat sepanjang usia hidupnya, mulai dari proses pemilihan sampai peremajaan.

Secara umum kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut adalah 10-15% atau 4,5-6°, hal ini didasarkan pada kekuatan mesin alat angkut ketika membawa

beban berat. Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam persen (%) yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus [2] sebagai berikut:

$$Grade (\alpha) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

A = Kemiringan jalan (%)

Δh = Beda tinggi antara dua titik yang diukur (m)

Δx = Jarak antara dua titik yang diukur (m)

Rimpull yaitu besarnya kekuatan tarik (*pulling force*) yang dapat diberikan oleh mesin kepada permukaan roda atau ban penggerak yang menyentuh permukaan jalur jalan. Bila *coefficient of traction* cukup tinggi untuk menghindari terjadinya selip, maka rimpull (RP) maksimum adalah fungsi dari tenaga mesin (HP) dan *gear ratio* (*versnelling*) antara mesin dan roda-roda yang akan menghasilkan kecepatan tertentu. Tetapi jika selip, maka rimpull maksimum akan sama dengan besarnya tenaga pada roda penggerak dikalikan *coefficient of traction*. Rimpull dinyatakan dalam *pounds* (lbs), dan dihitung dengan rumus [3].

$$RP = \frac{HP \times 375 \times Efisiensi\ mesin}{Kecepatan, mph} \quad (2)$$

Keterangan:

RP = *rimpull* atau kekuatan versian mesin (lb)

HP = tenaga mesin (HP)

375 = angka konversi

Tahanan gulir atau tahanan gelinding (*rolling resistance*) disebut dengan gesekan atau tahanan gulir, adalah resistansi yang terjadi ketika sebuah benda bulat seperti gulungan bola atau ban pada permukaan yang datar. *Rolling resistance* merupakan tahanan terhadap roda saat menggelinding akibat adanya gaya gesek antara roda dengan permukaan jalan.

$$\text{Tenaga RR} = RR \times W \quad (3)$$

Keterangan:

RR = Tahanan gulir

W = Berat kendaraan (kg)

RR = Roda berbagai macam permukaan (lb/ton) [4].

Tahanan kemiringan (*grade resistance*) merupakan besarnya gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilaluinya. Besarnya tahanan kemiringan dapat dihitung dengan rumus:

$$GR = W \times \alpha (\%) \quad (4)$$

Keterangan:

GR = Tahanan Kemiringan (kg)

W = Berat kendaraan (kg)

α = Kemiringan jalan (%)

Besar kecilnya waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat muat, tergantung pada kapasitas *bucket* alat muat, keadaan material, pengambilan material, keserasian kerja antara alat muat dan alat angkut, kondisi lapangan kerja dan sudut putar (*swing angle*). Persamaan matematis yang digunakan untuk mengetahui besarnya produksi alat muat [5] adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{Kb \times Sf \times BFf \times Eff \times 60 \left(\frac{menit}{jam}\right) \times D}{Ct} \quad (5)$$

Keterangan:

Kb = Kapasitas *bucket* (m^3)

Sf = *Swell Factor* (%)

BFf = *Bucket Fill factor* (%)

Eff = Efisiensi kerja (%)

D = *Density* (ton/m^3)

Ct = *Cycle time* (menit)

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dengan *input*, atau rasio antara hasil produksi dengan total sumberdaya yang digunakan [6].

$$P = \frac{KB \times Eff \times 60 (menit/jam) \times D}{Ct} \quad (6)$$

Keterangan:

- P = Produksi alat angkut (ton/jam)
- KB = Kapasitas Bak (m³)
= (Kb x Sf x BFf x n)
- n = Jumlah pengisian
- Sf = *Swell Factor* (%)
- D = *Density* (ton/m³)
- BFf = *Bucket Fill Factor* (%)
- Eff = Efisiensi Kerja (%)
- Ct = *Cycle time* (menit)

Faktor-faktor yang mempengaruhi pekerjaan dari alat-alat mekanis antara lain: *cycle time*, keadaan dan jenis material, efisiensi kerja, kondisi tempat kerja pengaruh cuaca, penggunaan alat, skill dan pengalaman operator, ketinggian, ayunan dan kedalaman serta kondisi fisik dan mekanisme peralatan. Waktu edar (*cycle time*) merupakan waktu yang diperlukan suatu alat melakukan kegiatan tertentu dari awal sampai akhir dan siap untuk memulai kembali [7][8]. Berikut persamaan perhitungan waktu siklus *excavator* dan *dump truck*. Adapun rumus *cycle time* (waktu edar) *excavator* yaitu:

$$CT = Tm_1 + Tm_2 + Tm_3 + Tm_4 \quad (7)$$

Keterangan:

- CT : Waktu edar *excavator* (detik)
- Tm₁ : Waktu menggali material (detik)
- Tm₂ : Waktu berputar (*swing*) dengan *bucket* terisi muatan (detik)
- Tm₃ : Waktu menumpahkan muatan (detik)
- Tm₄ : Waktu berputar (*swing*) dengan *bucket* kosong (detik)

Adapun rumus *cycle time* (waktu edar) *dump truck* yaitu:

$$CT = Ta_1 + Ta_2 + Ta_3 + Ta_4 + Ta_5 + Ta_6 \quad (8)$$

Keterangan:

- CT : Waktu edar *dump truck* (detik)
- Ta₁ : Waktu mengambil posisi untuk dimuati (detik)
- Ta₂ : Waktu diisi muatan (detik)
- Ta₃ : Waktu mengangkut muatan (detik)
- Ta₄ : Waktu mengambil posisi untuk menumpahkan muatan (detik)
- Ta₅ : Waktu menumpahkan muatan (detik)
- Ta₆ : Waktu kembali kosong (detik)

Teori Antrian adalah teori yang menyangkut studi matematis dari antrian-antrian atau baris-baris penungguan. Berdasarkan teori antrian dapat dilakukan perhitungan nilai probabilitas tidak ada *dump truck* dalam antrian yang terdiri dari 4 tahap. Penentuan tingkat pelayanan, antrian putaran dalam 1 siklus dibagi menjadi 4 tahap yang masing-masing tahap punya tingkat pelayanan yang dapat dihitung dengan persamaan [9][10][11] sebagai berikut:

a) *Loading* (μ₁) - Pelayanan alat gali-muat terhadap alat angkut. Tingkat pelayanan alat gali-muat setiap jam untuk melayani alat angkut adalah:

$$\mu_1 = 1/TP1 \times 60 \text{ (unit/jam)} \quad (9)$$

Keterangan :

- μ₁ = Tingkat pelayanan alat gali muat (unit/jam)
- Tp₁ = Waktu *loading* (menit)

b) *Hauling* (μ₂) - Alat angkut bermuatan yaitu pelayanan pengangkutan dari *front* penambangan ke *stockpile* (pelayanan sendiri). Tingkat pelayanan alat angkut setiap 1 jam pada pelayanan sendiri ini adalah:

$$\mu_2 = 1/TP2 \times 60 \text{ (menit/jam)} \quad (10)$$

Keterangan :

- μ₂ = Tingkat pelayanan sendiri alat angkut (unit/jam)
- Tp₂ = Waktu *hauling* (menit)

c) *Dumping* (μ₃) - Pelayanan *dumping area/stockpile* terhadap alat angkut. Tingkat pelayanan *dumping area/stockpile* setiap jam untuk melayani alat angkut adalah:

$$\mu_3 = 1/TP3 \times 60 \text{ (menit/jam)} \quad (11)$$

Keterangan:

μ_3 = Tingkat pelayanan dumping area/stockpile (unit/jam)

Tp_3 = Waktu dumping (menit)

d) *Return* (μ_4) - Alat angkut kosong (kembali ke *front*). Tingkat pelayanan alat angkut setiap 1 jam pada proses kembali ke pit adalah:

$$\mu_4 = 1/TP_4 \times 60 \text{ (menit/jam)} \quad (12)$$

Keterangan:

μ_4 = Tingkat pelayanan alat angkut (unit/jam)

Tp_4 = Waktu *return* (menit).

1. Probabilitas Keadaan Antrian

Jumlah keadaan antrian putaran untuk 4 (empat) tahap (n_1, n_2, n_3, n_4) adalah $n_1 + n_2 + n_3 + n_4 =$ jumlah total alat angkut, dimana n_i = jumlah alat angkut pada tahap ke- i . Misalkan jumlah total alat angkut yang beroperasi adalah K unit untuk 1 unit alat gali muat, maka alat gali muat melayani K unit alat angkut. Dengan demikian kemungkinan yang dapat terjadi dalam antrian putaran dari distribusi K alat angkut pada kasus 4 tahap ($M = 4$) adalah [12][13][14]:

$$\left[\begin{matrix} K + M - 1 \\ K \end{matrix} \right] = \frac{(K+M-1)!}{(M-1)! K!} \quad (13)$$

Selanjutnya probabilitas keadaan antrian putaran untuk 4 (empat) tahap dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P(n_1, n_2, n_3, n_4) = \frac{\mu_1^{K-n_1}}{n_2! \mu_2^{n_2} \mu_3^{n_3} n_4! \mu_4^{n_4}} \quad (14)$$

2. Rata-rata Jumlah Alat Angkut Menunggu Dalam Antrian

Berdasarkan sistem antrian putaran dalam 4 tahap rata-rata jumlah alat angkut menunggu dalam antrian dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

a. Tahap 1 (*loading*) - Alat angkut menunggu untuk dimuati alat gali-muat dengan ketentuan $n_1 \geq 2$, sehingga rata-rata alat angkut yang menunggu untuk dimuati ditentukan dengan persamaan:

$$L_{q1} = \sum (n_1 - 1) P(n_1, n_2, n_3, n_4) \quad (15)$$

Keterangan:

L_{q1} = Jumlah alat angkut yang antri pada tahap 1

b. Tahap 3 (*dumping*) - Alat angkut menunggu untuk menumpahkan muatan di *dumping area/stockpile* dengan ketentuan $n_3 \geq 2$, sehingga rata-rata alat angkut yang menunggu untuk menumpahkan muatan ditentukan dengan persamaan:

$$L_{q3} = \sum (n_3 - 1) P(n_1, n_2, n_3, n_4) \quad (16)$$

Keterangan:

L_{q3} = Jumlah alat angkut yang antri pada tahap 3

3. Rata-rata waktu tunggu alat angkut dalam antrian dalam sistem antrian putaran untuk 4 tahap, rata-rata waktu tunggu alat angkut dalam antrian dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

a. Tahap 1. Tingkat penggunaan tahap 1, diperoleh pada kondisi $n_1 < 1$, yaitu keadaan dimana ada alat angkut yang datang ke tahap 1 yang dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\eta_1 = 1 - \sum P(n_1 < 1, n_2, n_3, n_4) \quad (17)$$

Keterangan:

η_1 = tingkat penggunaan tahap 1

Jumlah alat angkut yang dapat terlayani pada tahap 1 adalah:

$$\phi_1 = \eta_1 \times \mu_1 \quad (18)$$

Keterangan :

ϕ_1 = jumlah alat angkut yang dapat terlayani pada tahap 1

η_1 = tingkat penggunaan tahap 1

μ_1 = tingkat pelayanan tahap 1

Rata-rata waktu tunggu alat angkut dalam antrian pada alat gali muat (tahap 1) adalah:

$$W_{q1} = \frac{L_{q1}}{\phi_1} \quad (19)$$

Keterangan:

W_{q1} = waktu tunggu alat angkut pada tahap 1

L_{q1} = jumlah alat angkut yang antri di tahap 1

ϕ_1 = jumlah alat angkut yang dapat terlayani pada tahap 1

b. Tahap 3. Tingkat penggunaan tahap 3, diperoleh pada kondisi $n_3 < 1$, yaitu keadaan dimana ada alat angkut yang datang ke tahap 3 yang dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\eta_3 = 1 - \sum P(n_1, n_2, n_3 < 1, n_4) \quad (20)$$

Keterangan:

η_3 = tingkat penggunaan tahap 3

Jumlah alat angkut yang dapat terlayani pada tahap 3 adalah:

$$\phi_3 = \eta_3 \times \mu_3 \quad (21)$$

Keterangan:

ϕ_3 = jumlah alat angkut yang dapat terlayani pada tahap 3

η_3 = tingkat penggunaan tahap 3

μ_3 = tingkat pelayanan tahap 3

Rata-rata waktu tunggu alat angkut dalam antrian pada dumping area/stockpile (tahap 3) adalah:

$$W_{q3} = \frac{Lq_3}{\phi_3} \quad (22)$$

Keterangan:

W_{q3} = waktu tunggu alat angkut pada tahap 3

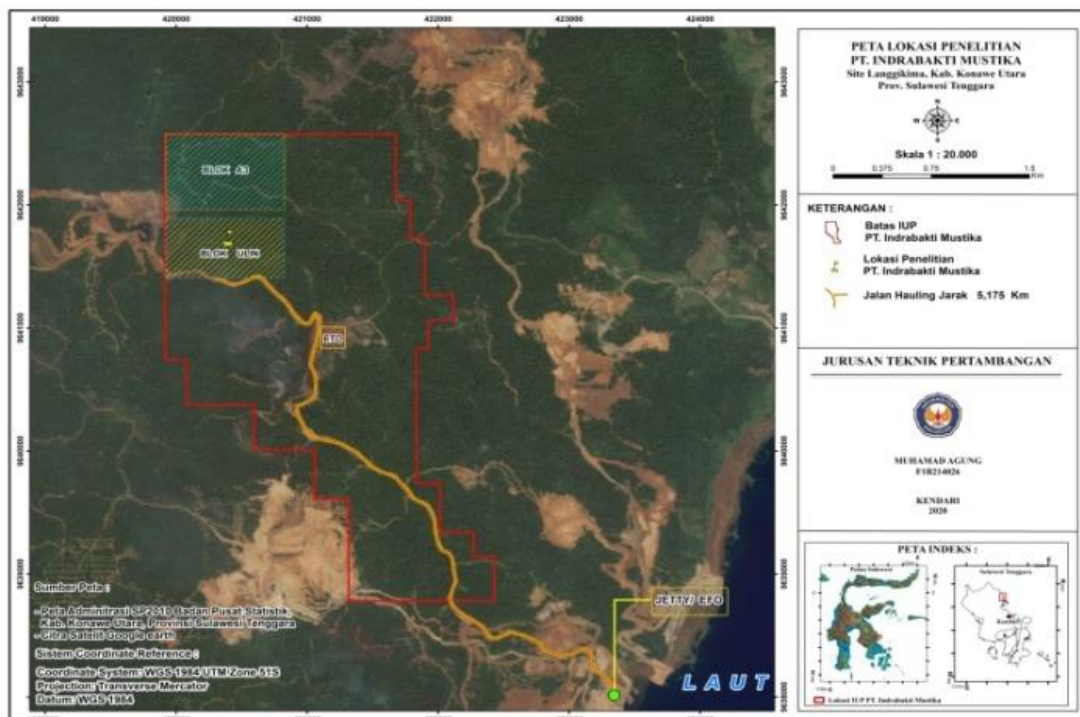
Lq_3 = jumlah alat angkut antri pada tahap 3

ϕ_3 = jumlah alat angkut yang dapat terlayani pada tahap 3

PT. Indrabakti Mustika (PT. IBM) akan melakukan penambangan pada blok baru, yaitu Blok Ulin. Rencana operasi kegiatan penambangannya yaitu pada awal tahun 2021, yakni setelah selesai kegiatan penambangan pada Blok A3 tersebut. Blok Ulin memerlukan suatu perencanaan tambang yang baik agar mencapai sasaran dan tujuan dalam kegiatan penambangannya. Analisis yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui kebutuhan alat gali muat dan angkut demi menunjang tercapainya target produksi sebesar 50.000 ton/bulan dari blok baru tersebut.

2. Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2019 sampai dengan Agustus 2019. Lokasi penelitian berada pada Blok Ulin di PT. Indrabakti Mustika yang secara wilayah administrasi berada di Kecamatan Langgikima Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. Adapun lokasi penelitian ditampilkan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Jenis penelitian ini terkategori penelitian kuantitatif, yaitu penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena serta hubungan-hubungannya. Tujuan penelitian kuantitatif adalah mengembangkan dan menggunakan model-model matematis, teori-teori dan/atau hipotesis yang berkaitan dengan fenomena alam.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Grade Jalan Angkut

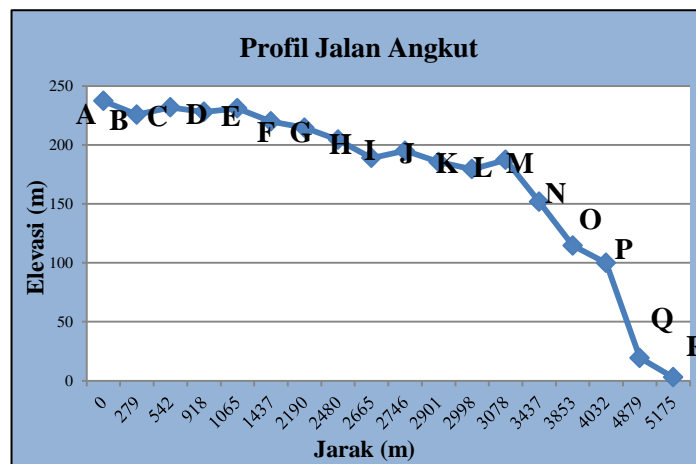
Kemiringan jalan angkut berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dalam pengereman maupun mengatasi tanjakan, yaitu dapat diketahui dengan perbandingan antara beda tinggi dua titik yang diukur dengan jarak antara dua titik tersebut, dikalikan dengan 100 persen [11]. Berikut tabel jalan angkut.

Tabel 1. Grade jalan angkut setiap segmen

No	Elevasi (m)	Segmen	Beda tinggi (m)	Jarak (m)	Grade (%)	
					Kosong	Bermuatan
1	237,2 – 225,7	A ~ B	11,5	279	4,12	-4,12
2	225,7 – 231,8	B ~ C	-6,1	263	-2,31	2,31
3	231,8 - 228	C ~ D	3,8	376	1,01	-1,01
4	228 - 231	D ~ E	-3	167	-2,04	2,04
5	231 - 219,8	E ~ F	11,2	372	3,01	-3,01
6	219,8 - 214,5	F ~ G	5,3	753	0,70	-0,7
7	214,5 - 204,4	G ~ H	10,1	290	3,48	-3,48
8	204,4 - 188,9	H ~ I	15,5	185	8,38	-8,38
9	188,9 - 195	I ~ J	-6,1	81	-7,53	7,53
10	195 - 185,5	J ~ K	9,5	155	6,13	-6,13
11	185,5 - 179,4	K ~ L	6,1	97	6,29	-6,29
12	179,4 - 187,2	L ~ M	-7,8	80	-9,75	9,75
13	187,2 - 151,8	M ~ N	35,4	359	9,86	-9,86
14	151,8 - 114,7	N ~ O	37,1	416	8,92	-8,92
15	114,7 - 99,8	O ~ P	14,9	179	8,32	-8,32
16	99,8 - 19,4	P ~ Q	80,4	847	9,49	-9,49
17	19,4 - 3	Q ~ R	16,4	296	5,54	-5,54

3.2. Profil Jalan Angkut

Berdasarkan data jalan angkut yang diperoleh dilapangan yang sebagai data sekunder maka dapat dibuatlah profil jalan angkut, seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. Profil jalan angkut

3.3. Rimpull Alat Angkut yang Digunakan

Rimpull yaitu besarnya kekuatan tarik (*pulling force*) yang dapat diberikan oleh mesin kepada permukaan roda atau ban penggeraknya yang menyentuh permukaan jalur jalan. Perhitungan *rimpull* dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan alat angkut *excavator* Komatsu PC 300 SE-7, untuk mengetahui kecepatan *dump truck* pada setiap gigi, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Rimpull dan kecepatan yang tersedia

Tenaga yang tersedia (lb)	Gigi	Kecepatan (mph)	Kecepatan (m/s)
12.728	1	6,511	2,91
8.829	2	9,387	4,2
6.281	3	13,195	5,9

4.644	4	17,846	7,98
3.478	5	23,828	10,65
2.538	6	32,654	14,6
1.806	7	46	20,56
1.335	8	62,079	27,75

Tabel di atas menunjukkan tenaga yang tersedia dan kecepatan tiap gigi pada kendaraan, dapat diketahui dengan mengalikan HP (*horse power*) kendaraan 260 dengan angka konversi 375 dan *effisiensi* mesin 0,85 dibagi dengan setiap tenaga yang tersedia atau *rimpull* pada masing-masing gigi.

1. Kondisi bermuatan

Jarak jalan angkut yang dilalui dari *front* ke EFO atau dari segmen A hingga sampai pada segmen R yaitu sepanjang 5175 meter (lampiran C). Untuk mengetahui waktu tempuh yang diperlukan *dump truck* yaitu 4,42 menit, maka dilakukanlah perhitungan RR (*rolling resistance*), GR (*grade resistance*) dan tenaga yang dibutuhkan TR (*total resistance*) atau *rimpull* yang digunakan pada setiap segmen jalan angkut sebanyak 17 segmen.

2. Kondisi tidak bermuatan

Waktu tempuh *dump truck* yang diperlukan dalam keadaan kosong dari *Front* ke EFO atau dari segmen R sampai dengan segmen A dengan jarak 5175 meter yaitu 5,65 menit (lampiran C). Untuk mengetahui waktu tempuh tersebut dilakukan perhitungan yang sama dengan kondisi saat bermuatan.

3.4. Produktivitas Alat Berat

1. Produktivitas alat gali-muat

Alat gali muat yang akan digunakan pada kegiatan penambangan lokasi penelitian ini adalah *excavator* Komatsu PC 300 SE-7. Pengambilan data waktu edar dilakukan berdasarkan keadaan aktual pada *excavator* yang sama, dengan perhitungan waktu edar sebanyak 30 siklus. Waktu edar yang diperoleh diketahui dari total waktu mulai menggali (T_{m1}) = 9,85 detik, waktu ayun bermuatan (T_{m2}) = 7,84 detik, waktu menumpahkan muatan (T_{m3}) = 5,47 detik dan waktu ayun kosong (T_{m4}) = 6,85 detik maka totalnya adalah = 30 detik. Penentuan *produktivitas* dari alat gali-muat ini maka dilakukan perhitungan kapasitas *bucket* 2,1 m³ dikali *swell faktor* 0,85 dikarenakan jenis materialnya tanah liat dan kering dikalikan *bucket fill faktor* 1,2 karena keadaan lapangan terlihat tanah biasa, lempung, tanah lembut dikali *effisiensi* kerja berkondisi baik 0,83 dikali 3.600 detik untuk produksi dalam satu jam dikali *density ore* 1,57 ton/m³ kemudian dibagi waktu edar alat gali-muat tersebut. Berdasarkan perhitungan tersebut maka diketahui nilai *produktivitas* dari *excavator* yaitu 334,95 ton/jam atau 80387,7 ton/bulan.

2. Cycle time alat angkut

Pengangkutan material *ore* pada kegiatan produksi dilakukan dari loading point *front* menuju EFO (*eksportable fine ore*). Alat angkut yang digunakan pada kegiatan penambangan lokasi penelitian ini yaitu *dump truck* Hino 500 FM 260 Ti. Dimana waktu edar (*cycle time*) yang diperoleh di lapangan sebagai data primer yaitu, waktu diisi muatan (T_{a2}) = 2,5 menit dan waktu menumpahkan muatan (T_{a5}) = 0,48 menit, sementara waktu *hauling* (T_{a3}) = 6,68 menit, dan waktu kembali kosong (T_{a6}) = 5,65 menit diperoleh dari pengolahan data perhitungan *rimpull* pada setiap segmen jalan angkut. Maka totalnya adalah = 15,31 menit

3.5 Kebutuhan Alat Mekanis

1. Kebutuhan alat gali muat *excavator*

Penentuan jumlah unit alat gali muat didasarkan pada target produksi per bulan dan produktivitas alat gali muat tersebut. Adapun penentuannya yaitu target produksi per bulan dari perusahaan yaitu 50.000 ton/bulan dibagi dengan produktivitas alat gali muat 14053,8 ton/bulan sehingga hasilnya adalah 0,62 unit. Berdasarkan hasil dari pembagian tersebut maka dapat diketahui jumlah unit alat gali muat untuk tercapainya target produksi adalah cukup dengan 1 unit *excavator*.

2. Kebutuhan alat angkut

Penentuan jumlah *dump truck* yang optimal pada penelitian ini dianalisis dengan metode teori antrian. Teori antrian merupakan studi matematikal dari kejadian atau garis tunggu dari nasabah (satuan) yang memerlukan layanan. Data awal untuk melakukan simulasi teori antrian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Data awal simulasi teori antrian

No	Uraian	Nilai	Satuan
		2	Unit
		3	Unit
1	Jumlah truk (K)	4	Unit
		5	Unit
		6	Unit
2	Jumlah tahap (M)	4	Tahap
3	Waktu edar tahap 1	2,25	Menit
4	Waktu edar tahap 2	6,68	Menit
5	Waktu edar tahap 3	0,48	Menit
6	Waktu edar tahap 4	5,65	Menit

Mengetahui jumlah tahap (M) diperoleh dari tahap *loading*, *hauling*, *dumping*, *return* yaitu 4 tahap. Jumlah *dump truk* (K) diperoleh dari penentuan awal saat simulasi jumlah truk yaitu mulai dari 2 hingga 6 unit. Waktu edar pada tahap 1 diperoleh dari waktu *cycle time* alat angkut keadaan aktual yaitu waktu saat diisi muatan yaitu 2,25 menit atau waktu dari *cycle time* alat gali. Waktu edar tahap 2 diperoleh dari perhitungan keadaan jalan *hauling* ketika *dump truk* bermuatan, yakni keadaan jalan angkut yang meliputi titik perbedaan ketinggian dan jarak antara perbedaan ketinggian tersebut serta perhitungan RR, GR, TR, hingga total kecepatan yang diperoleh 6,68 menit. Waktu edar tahap 3 diperoleh dari *dumping* alat angkut keadaan aktual yaitu 0,48 menit. Waktu edar tahap 4 diperoleh dari perhitungan keadaan jalan *hauling* ketika tidak bermuatan atau kembali kosong, selanjutnya perhitungan pada tahap ini sama dengan perhitungan pada tahap 2 sehingga memperoleh waktu 5,65 menit.

Penentuan tingkat pelayanan pada masing-masing tahap yaitu 1 dibagi dengan keempat tahap yang diperoleh sebelumnya maka hasil dari itu dikatakan sebagai tingkat pelayanan (μ). Tingkat pelayanan berjumlah 4 sesuai dengan jumlah tahapannya yakni $\mu_1 = 24,0000$ truk/jam, $\mu_2 = 8,9820$ truk/jam, $\mu_3 = 125,0000$ truk/jam, $\mu_4 = 10,6195$ truk/jam. Selanjutnya menghitung probabilitas keadaan antrian dengan simulasi 2 truk sampai dengan 6 truk. Kemudian dari simulasi-simulasi tersebut setelah dilakukan perhitungan maka diperoleh Wq_1 (waktu tunggu alat angkut pada saat akan dimuati) dan Wq_3 (waktu tunggu alat angkut saat akan menumpahkan muatan). Keadaan sistem yang berjumlah 4 tahapan dikategorikan sebagai n_1 , n_2 , n_3 , dan n_4 memiliki koefisien dan probabilitasnya masing-masing dapat diketahui berdasarkan rumus yang telah ditetapkan.

Berdasarkan probabilitas keadaan antrian dengan simulasi 2 truk, sampai dengan 6 truk dan masing-masing Wq_1 dan Wq_3 diketahui sebagai pelengkap *cycle time* maka dilakukanlah perhitungan produktivitas alat angkut guna mengetahui kebutuhan jumlah unit alat angkut dengan pelayanan 1 unit excavator untuk penambangan nikel pada Blok Ulin. Adapun perhitungan produktivitasnya yaitu kapasitas *bucket* $2,1 \text{ m}^3$ dikali dengan *swell factor* 0,85 dikali *bucket fill factor* 1,2 dikali efisiensi kerja 0,83 dikali rit pengisian ke bak *dump truk* 5 dikali *density* $1,57 \text{ ton/m}^3$ dikali 60 menit untuk jangka waktu satu jam. Hasil dari perkalian tersebut dibagi dengan hasil *cycle time* yang diperoleh yaitu T_1 (*loading*) = 2,25 menit ditambah T_2 (*hauling*) = 6,68 menit ditambah T_3 (*dumping*) = 0,48 menit ditambah T_4 (*return*) = 5,65 menit ditambah dengan Wq_1 dan Wq_3 (untuk setiap probabilitas berbeda). Adapun produktivitasnya yaitu sebagai berikut:

a. Untuk 1 unit *excavator* melayani 2 *dump truk*

Pada simulasi 2 *dump truk* diperoleh $Wq_1 = 0,50$ menit dan $Wq_3 = 0,02$ menit. Produktivitas alat angkut untuk 1 unit diperoleh 12.776,2 ton/bulan, maka produktivitas untuk 2 unit diperoleh 25.552,4 ton/bulan.

b. Untuk 1 unit *excavator* melayani 3 *dump truk*

Pada simulasi 3 *dump truk* diperoleh $Wq_1 = 1,16$ menit dan $Wq_3 = 0,037$ menit. Produktivitas alat angkut untuk 1 unit diperoleh 12.359,7 ton/bulan, maka produktivitas untuk 3 unit diperoleh 37.079,2 ton/bulan.

c. Untuk 1 unit *excavator* melayani 4 *dump truk*

Pada simulasi 4 *dump truk* diperoleh $Wq1 = 1,89$ menit dan $Wq3 = 0,05$ menit. Produktivitas alat angkut untuk 1 unit diperoleh 11.991 ton/bulan, maka produktivitas untuk 4 unit diperoleh 47.964 ton/bulan.

d. Untuk 1 unit *excavator* melayani 5 *dump truk*

Pada simulasi 5 *dump truk* diperoleh $Wq1 = 3,12$ menit dan $Wq3 = 0,07$ menit. Produktivitas alat angkut untuk 1 unit diperoleh 11.290,4 ton/bulan, maka produktivitas untuk 5 unit diperoleh 56.452 ton/bulan.

e. Untuk 1 unit *excavator* melayani 6 *dump truk*

Pada simulasi 6 *dump truk* diperoleh $Wq1 = 4,51$ menit dan $Wq3 = 0,38$ menit. Produktivitas alat angkut untuk 1 unit diperoleh 10.577,3 ton/bulan, maka produktivitas untuk 6 unit diperoleh 63.464 ton/bulan.

Berdasarkan dari semua produktivitas tersebut jika dibandingkan dengan target produksi per bulan dari perusahaan yaitu sebanyak 50.000 ton/bulan, maka yang mendekati dan tidak kurang dari target produksi tersebut adalah pada simulasi 5 *dump truk*. Jadi kebutuhan jumlah unit alat angkut penambangan nikel pada blok Ulin adalah sebanyak 5 unit.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada Blok Ulin di PT. Indrabakti Mustika, dapat disimpulkan bahwa jumlah unit kebutuhan alat gali muat penambangan nikel pada Blok Ulin berdasarkan target produksi yaitu sebanyak 1 unit dan alat angkut sebanyak 4 unit. Produktivitas alat gali muat untuk 1 unit yaitu 80387,7 ton/bulan dan *produktivitas* alat angkut untuk 5 unit yaitu 56.452 ton/bulan.

5. Referensi

- [1] UU RI No. 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 4.
- [2] Kurniawan A., Amin M. dan Bochori, 2019, Pengaruh Geometri Jalan Sebelum dan Setelah Perbaikan Jalan Terhadap Produktivitas dan Konsumsi Bahan Bakar Seta Rasio Bahan Bakar, *Jurnal Pertambangan*, 3 (1) ISSN 2549-1008, 29.
- [3] Multriwahyuni, A., Gusman, M. dan Anaperta, Y.M., 2017, Evaluasi Geometri Jalan Tambang Menggunakan Teori AASHTO Untuk Peningkatan Produktivitas Alat Angkut Dalam Proses Pengupasan Overburden Di PIT Timur PT. Artamulia Tatapratama Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo Provinsi Jambi, *Jurnal Bina Tambang*, 3 (4) ISSN: 2302-3333, 1518.
- [4] Nunnally, S.W., 2007. *Construction Methods And Management*. Upper Saddle River, New Jersey: Colombus, Ohio. ISBN 0-13-171685-9.
- [5] Turalaki, S.S., Tjakra, J. dan Inkriwang, R.L., 2018, Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Terhadap Biaya Pekerjaan *Cut & Fill* Proyek Perumahan Holland Boulevard Manado, *Jurnal Sipil Statik*, 6 (6) ISSN: 2337-6732, 432.
- [6] Wulandari, L. dan Suryanto, HS. M., 2018, Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Pengukuran Di Proyek *Java Integrated Industrial Ports And State (JIPE)* Di Gresik – Jawa Timur, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 1 (1) ISSN: 2252-5009, 58.
- [7] Prasmoro, A.V. dan Hasibuan S., 2018, Optimasi Kemampuan Produksi Alat Berat Dalam Rangka Produktifitas dan Keberlanjutan Bisnis Pertambangan Batubara: Studi Kasus Area Pertambangan Kalimantan Timur, *Operations Excellence*, 10 (1), 3.
- [8] Prasmoro, A.V., 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), *Jurnal OE*, 6 (1), 98.
- [9] Sefrizni, A. dan Kasim, T., Analisis Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Produksi Overburden di P.T. Haswi Kencana Indah Kecamatan Sumay, Kabupaten Tebo Provinsi Jambi, *Jurnal Bina Tambang*, 4 (3) ISSN: 2302-3333, 266-268.
- [10] Ercelebi, S.G. dan Bascetin.A., 2009, *Optimization of shovel-truck system for surface mining*. The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. Volume 109. SSN 0038-223X/3.00 + 0.00. p: 433-439.
- [11] Azwari, R., 2014, Evaluasi Jalan Angkut Dari Front Tambang Batubara Menuju Stokphile Blok B Pada Penambangan Batubara Di PT Minemex Indonesia Desa Talang Serdang Kecamatan

- Mandiingin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi, *Prosiding Teknik Pertambangan*, ISSN (2460-6499), 95.
- [12] Handayani, E., 2015, Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Pembangunan TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) Desa AMD Kec. Muara Bulian Kab. Batanghari, *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 15 (3), 91.
- [13] Simanjuntak, M.R.A. dan Ferrari, 2013, Peran *Excavator* Terhadap Kinerja Proyek Konstruksi Rumah Tinggal di Jakarta Selatan, *Jurnal Imiah Media Engineering*, 3 (1) ISSN: 2087-9334, 68.
- [14] Sitangger, S.A.F., Syahrudin dan Syafrianto M.K., 2019, Kajian Teknis Produktivitas Alat Angkut Hino Fm 260 Jd Pada Penambangan Galena Pt Kapuas Prima Coal, Tbk Kabupaten Lamandau Provinsi Kalimantan Tengah, *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, Vol 6, 15.