JURNAL RISET TEKNOLOGI PERTAMBANGAN
Advancing Research in Sustainable Mining Environment Economic and Geotecnical Engineering

Volume 5 Nomor 2/ 2025 / ISSN : 2621-3869
Publish : 22 Desember 2025

PERENCANAAN KEBUTUHAN ALAT GALI-MUAT DAN ANGKUT BLOK MOLORE PIT KM 3 PT. STARGATE PASIFIC RESOURCES KABUPATEN KONAWE UTARA

Merlin Fresha Puspita [a*], Firdaus [a], Laode Jonas Tugo[a], Abd. Hadid Rahman Ulfa [a]
[a]Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Halu Oleo
Kampus Bumi Hijau Tri Dharma Anduonuhu, Kendari, Indonesia 93231
freshapuspita1408@gmail.com

Intisari

Perseroan Terbatas (PT) Stargate Pasific Resources merupakan salah satu Perusahaan yang bergerak di bidang industri pertambangan nikel dan mulai beroperasi sejak tahun 2007 yang secara administrasi terletak di Desa Molore Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Dengan Luasan Izin Usaha Pertambangan (IUP) ± 1.213,20 Hektar kegiatan penambangan pada PT. Stargate Pasific Resources sendiri menggunakan metode tambang terbuka (Open pit).Pada kegiatan Pengupasan material Overburden dibutuhkan alat gali muat Excavator Bucket dengan Type Komatsu HB 365 untuk kegiatan menggali (digging) dan memuat (loading) material Overburden sebanyak 1 unit, Excavator Bucket dengan Type Komatsu PC 200 untuk kegiatan Unloading material Overburden sebanyak 1 unit, Dan dibutuhkan alat angkut Dump Truck Type Quester CWE 370 untuk kegiatan pengangkutan material Overburden sebanyak 3 Unit. Sedangkan Pada Kegiatan penambangan bijih nikel atau Pengambilan Ore dibutuhkan 1 Unit Excavator Bucket dengan Type Komatsu PC 200 untuk kegiatan menggali atau Ore Getting, 1 Unit Excavator Bucket dengan Type Komatsu HB 365 untuk kegiatan Loading material ore, 1 Unit Excavator Bucket dengan Type Komatsu PC 200 untuk kegiatan Unloading material Ore dan dibutuhkan alat angkut Dump Truck Type Quester CWE 370 untuk kegiatan pengangkutan material Ore sebanyak 3 Unit.

Kata Kunci: Alat Gali – Muat, Ore, Overburden, Produktivitas

Abstract

Limited Liability Company (PT) Stargate Pasific Resources is one of the companies engaged in the nickel mining industry and has been operating since 2007, which is administratively located in Molore Village, Langgikima District, North Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province. With a Mining Business Permit (IUP) area of ± 1,213.20 hectares, mining activities at PT. Stargate Pasific Resources itself uses the open pit mining method. In the overburden material stripping activity, an excavator bucket loading tool with the type Komatsu HB 365 is needed for digging and loading overburden material as much as 1 unit, an excavator bucket with the type Komatsu PC200 for unloading overburden material as much as 1 unit, and a dump truck type Quester CWE 370 is needed for overburden material transportation activities as much as 3 units. Meanwhile, in nickel ore mining activities or ore extraction, 1 excavator bucket unit with the type Komatsu PC 200 is needed for digging or ore getting activities, 1 excavator bucket unit with the type Komatsu HB 365 for ore material loading activities, 1 excavator bucket unit with the type Komatsu PC 200 for ore material unloading activities and a dump truck type Quester CWE 370 is needed for ore material transportation activities as many as 3 units.

Keywords: *Loading DiggingTools, Ore, Overburden,Productivity*

1. PENDAHULUAN

Pertambangan mencakup seluruh atau sebagian tahapan dalam proses penelitian, pengelolaan, dan pengusahaan mineral atau batubara, yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, konstruksi, penambangan, pengolahan, pemurnian, pengangkutan, penjualan, serta kegiatan pascatambang. Perseroan Terbatas (PT) Stargate Pasific Resources merupakan salah satu Perusahaan yang bergerak di bidang industri pertambangan nikel dan mulai beroperasi sejak tahun 2007 yang secara administrasi terletak di Desa Molore

Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Dengan Luasan Izin Usaha Pertambangan (IUP) ± 1.213,20 Hektar, kegiatan penambangan pada PT. Stargate Pasific Resources sendiri menggunakan metode tambang terbuka *(Open pit)*. Pada kegiatan penambangan mutlak membutuhkan peralatan tambang untuk operasi penambangan, antara lain alat gali-muat dan alat angkut yang digunakan untuk melakukan kegiatan penambangan. Kegiatan penambangan tersebut meliputi kegiatan pengupasan lapisan *Overburden* dan pengambilan *Ore.* Pengupasan lapisan *Overburden* merupakan salah satu kegiatan yang sangat mempengaruhi dalam kegiatan penambangan, makin cepat kegiatan pengupasan lapisan *Overburden* maka kegiatan penambangan juga akan semakin cepat. Pengambilan *Ore* merupakan proses kegiatan pengambilan bijih nikel dari dalam permukaan bumi dengan menggunakan alat berat berupa *Excavator*. Pengupasan lapisan *Overburden* dan *Ore Getting* yang akan dilakukan oleh PT. Stargate Pasific Resources menggunakan kombinasi antara alat gali dan alat angkut.

Saat ini, perusahaan berencana membuka lahan baru di *pit* km 3 seluas 2,1 hektar, dengan target produksi bulanan *Overburden* sebesar 35.000.00 metrik ton dan untuk *Ore* sebesar 40.000.00 metrik ton. Oleh karena itu, PT. Stargate Pacific Resources memerlukan perhitungan yang tepat mengenai jumlah alat gali-muat dan alat angkut yang dibutuhkan untuk mencapai target produksi tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merencanakan kebutuhan alat gali-muat dan angkut yang optimal pada penambangan bijih nikel laterit di PT. Starget Pacific Recouces *Pit* Km 3. Dengan menggunakan data lapangan yang ada, penelitian ini akan memberikan rekomendasi jumlah alat yang diperlukan untuk mencapai target produksi perusahaan secara efisien dan efektif. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan ± 2 bulan penelitian ini dilakukan pada *Pit* km 3 di Wilayah Izin Jenis Usaha Pertambangan (WIUP) PT. Stargate Pasific Resources. Secara administrasi terletak di Desa Molore Kecamatan Langgikima Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara dengan luas izin usaha pertambangan (IUP) 1.213,20 hektar (ha). Waktu yang ditempuh perjalanan ± 4 jam menggunakan kendaraan roda 2 atau roda 4 melalui jalur darat dari Kota Kendari Ibu Kota Provinsi Sulawesi Tenggara. Lokasi penelitian yang dimaksud dapat dilihat pada **Gambar 1.**



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Jenis Penelitian

Secara umum penelitian mengenai rencana kebutuhan alat penambangan menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Metode kuantitatif digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, dimana pengumpulan data menggunakan alat ukur dan menggunakan format terstruktur dengan pengumpulan data secara langsung.

2.3 Bahan dan Materi Penelitian

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dilapangan. Data primer pada penelitian ini berupa: Waktu edar (*cyle time*) alat gali-muat meliputi waktu menggali, waktu ayun bermuatan, waktu menumpahkan muatan, waktu ayun kosong.Waktu alat angkut menumpahkan muatan, Jarak segmen jalan angkut, Bucket fill factor.

2. Data Sekunder

Data sekunder dikumpulkan berdasarkan literature dan berbagai referensi seperti dari internet dan dari perusahaan PT. Stragate pasific. Data sekunder dari penelitian ini berupa: Lokasi blok penelitian,Data density material *Overburden* dan *Ore*, Target produksi *Overburden* dan *Ore*, jarak dan jenis tutupan jalan setiap segmen jalan angkut, Kelender kerja Perusahaan, Spesifikasi peralatan mekanis, Nilai *Swell Factor*.

2.4 Instrumen Penelitian

Instrumen atau peralatan yang menggunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Instrumen Studi Yang Digunakan Dalam Penelitian

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Alat tulis	Untuk mencatat data-data pada saat melakukan penelitian
2	Kamera	Untuk dokumentasi kegiatan di lapangan
3	*Stopwatch*	Untuk mengambil data *cycle time*

4	*Sofware ArcGis*	Untuk membuat peta situasi penambangan
5	*Microsoft Office*	Untuk pengolahan data dalam menghitung
6	Leptop	Untuk pengolahan data dan membuat laporan

2.5 Prosedur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdapat lagkah-langkah atau tahapan penelitian; mulai dari perizinan, studi literatur, tahap pengamatan lapangan, tahap pengambilan dan pengumpulan data serta tahap pengolahan dan analisis data. Berikut adalah tahapan kegiatan penelitian:

1. Perizinan

Tahapan perizinan, yaitu pembuatan surat izin penelitian oleh pihak Jurusan Teknik Pertambangan untuk nantinya diserahkan kepada pihak perusahaan lokasi daerah penelitian.

2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan bagian dari kegiatan penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan, mempelajari dan membaca berbagai sumber pustaka yang berkaitan dengan perencanaan kebutuhan alat gali-muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan.

3. Pengamatan Lapangan

Pada tahap ini yang peneliti lakukan adalah mengamati kondisi *pit* yang akan dibuka serta mengamati *pit* yang sementara beroperasi untuk nantinya dilakukan pengambilan data dan dokumentasi penelitian.

4. Pengambilan dan Pengumpulan Data

Pengambilan data yang pertama peneliti lakukan adalah pengambilan data sekunder yang diberikan langsung oleh perusahaan yang berupa lokasi blok, data density material overburden dan *Ore*, kelender hari kerja perusahaan, spesifikasi peralatan mekanis, *Swell Factor*, target produksi *Overburden* dan *Ore*, jarak dan jenis tutupan jalan setiap segmen jalan angkut Selanjutnya pengambilan data primer yang dilakukan di *pit* yang telah beroperasi data primer ini berupa Waktu edar (*cyle time*) alat gali-muat meliputi waktu menggali, waktu ayun bermuatan, waktu menumpahkan muatan, waktu ayun kosong, waktu alat angkut menumpahkan muatan, jarak segmen jalan angkut, *Bucket fill factor*

5. Pengolahan Data

Setelah semua data yang dikumpulkan telah diperoleh, tahapan selanjutnya adalah pengolahan data menggunakan perhitungan. Hasil pengolahan data tersebut selanjutnya akan disajikan dalam bentuk gambar, tabel, grafik maupun dalam bentuk perhitungan pada penyelesaian suatu proses tertentu.

Adapun pengolahan data yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan *Type* alat gali-muat *Excavator Komatsu HB* 365 dan *Komatsu Pc* 200, dan alat angkut *Quester CWE* 370 yang akan digunakan
2. Menghitung waktu edar (*cycle time*) alat gali-muat menggunakan persamaan (2.5)
3. Mengukur jarak setiap segmen jalan angkut dan menghitung *grade* menggunakan persamaan (2.9)
4. Menghitung *grade resistance* berdasarkan *grade* pada setiap segmen jalan angkut menggunakan persamaan (2.10)
5. Menentukan *rolling resistance* untuk setiap segmen jalan angkut berdasarkan Tabel 2.2
6. Menentukan *rimpull* pada setiap segmen jalan menggunakan kurva *rimpull* berdasarkan total *resistance* dan berat kendaraan
7. Menghitung probabilitas keadaan antrian menggunakan persamaan (2.18)
8. Menghitung rata-rata jumlah alat angkut menunggu dalam antrian Lq1 dan L q3 menggunakan persamaan (2.20) dan (2.23)
9. Menghitung jumlah alat gali-muat dan alat angkut yang dibutuhkan berdasarkan target produksi dan jam kerja
10. Menghitung jumlah alat gali-muat dan alat angkut yang dibutuhkan berdasarkan target produksi dan jam kerja
11. Menghitung waktu edar (*cycle time)* alat angkut berdasarkan waktu antrian menggunakan persamaan (2.28)
12. Menganalisis produktivitas alat angkut menggunakan persamaan (2.29) dan (2.30)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Peralatan tambang utama yang digunakan untuk medukung kegiatan operasional di lokasi Penambangan PT. Stargate Pasific Resources, ditentukan Berdasarkan Penanganan Material Yang Ada Pada Lokasi Penelitian. Pada Kegiatan Pengupasan Material *Overburden* digunakan Alat Gali Muat *Excavator Komatsu HB* 365, Untuk Kegiatan Penggalian dan Pemuatan, *Excavator Komatsu PC* 200 Untuk Kegiatan *Unloading* material, Serta Alat Angkut *dump truck QWESTER CWE* 370 Untuk Kegiatan Pengangkutan Material *Overburden.* Sedangkan Pada Tahap Kegiatan Penambangan Bijih Nikel digunakan alat gali-muat jenis *Excavator Komatsu PC* 200 Untuk Kegiatan *Ore Getting, Excavator Komatsu HB* 365 Untuk Kegiatan Pemuatan, *Excavator Komatsu PC* 200 Untuk kegiatan *Unloading* material, Serta alat angkut *Dump Truck QWESTER CWE* 370 Untuk Kegiatan Pengangkutan Material *Ore* Menuju Ke *Stockpile.*

3.2 Waktu Kerja Efektif

Waktu Kerja Efektif merupakan asumsi/target jam kerja yang harus dicapai untuk keberhasilan operasional penambangan. Adapun jam kerja efektif merupakan jam kerja yang sudah dikurangi dengan waktu *Delay*/*standby*, istirahat, pengisian bahan bakar, hujan dan *Slippery*, waktu servis/perbaikan maupun pengecekan unit, dan *start*/*stop* pada waktu gilir kerja. Target produksi akan didapatkan dari korelasi antara jumlah volume material dan waktu kerja efektif. Kemudian untuk mendapatkan target produksi perjamnya, Yang Nantinya akan digunakan dalam penentuan kebutuhan jumlah alat mekanis, diperoleh dari target produksi perbulan yang telah dibagi dengan waktu kerja efektif. Penentuan target produksi akan dipengaruhi oleh waktu kerja efektif dan dalam perencanaan ini menggunakan waktu kerja efektif yang telah ditetapkan oleh PT. Stargate Pasific Resources.

3.3 Kegiatan Pengupasan Material *Overburden*

1. Kondisi Jalan Angkut *Pit* Km 3 ke *Disposal*

Berdasarkan data jalan angkut yang diperoleh dilapangan maka dapat dibuatlah profil jalan angkut yang menunjukkan keadaan jalan angkut dari *Pit* km 3 menuju Ke *Disposal.* Adapun Data Segmen Jalan dari *Pit* Km 3 Menuju Ke *Disposal* dapat dilihat Pada Tabel 2 dan Jarak antar Profil jalan dari *pit* Km 3 ke *disposal* bisa dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2 Data Segmen Jalan Dari *Pit* Km 3 Menuju Ke *Disposal*

Segmen	Jarak (m)	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	Keterangan
AB	136,78	83,47	82,16	Menurun
BC	90,23	82,16	82,16	Datar
CD	85,90	82,16	75,52	Menurun
DE	97,67	75,52	66,00	Menurun
EF	155,51	66,00	66,00	Datar
FG	41,56	66,00	66,09	Mendaki
GH	88,57	66,09	66,09	Datar
HI	88,99	66,09	73,58	Mendaki
IJ	83,15	73,58	73,58	Datar

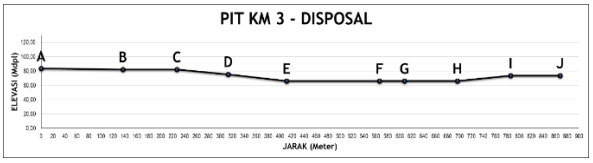
Sumber: Pengambilan Data, 2025

Pada Kondisi Tidak Bermuatan, *Rute* Jalan yang direncanakan melalui Jalan yang sama Pada Saat Kondisi Bermuatan, dengan total jarak angkut 868,36 meter yang telah terbagi menjadi 9 Segmen (J – A). Adapun Data Segmen Jalan dari *Disposal* Menuju Ke *Pit* Km 3 dapat dilihat Pada Tabel 3 Berikut.

Tabel 3. Data Segmen Jalan Dari Disposal menuju Pit Km 3

Segmen	Jarak (m)	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	Keterangan
JI	83,15	73,58	73,58	Datar
IH	88,99	73,58	66,09	Menurun
HG	88,57	66,09	66,09	Datar
GF	41,56	66,09	66,00	Menurun
FE	155,51	66,00	66,00	Datar
ED	97,67	66,00	75,52	Mendaki
DC	85,90	75,52	82,16	Mendaki
CB	90,23	82,16	82,16	Datar
BA	136,78	82,16	83,47	Mendaki

Sumber: Pengambilan Data, 2025



Gambar 2. Profil Jalan Angkut *Pit* Km 3 Menuju Ke *Disposal*

2. Total *Resistance* Jalan Angkut dari *Pit* Km 3 Menuju Ke *Disposal*

Total *Resistance* merupakan penjumlahan antara hasil *Rolling Resistance* dan hasil *Grade Resistance.*

Untuk kondisi segmen jalan menurun nilai *Rolling Resistance* (RR) dikurangi dengan nilai *Grade Resistance* (GR). Sebaliknya, pada segmen jalan dengan kondisi menanjak maka nilai *Rolling Resistance* (RR) dijumlahkan dengan nilai *Grade Resistance* (GR. Adapun hasil perhitungan *Rolling Resistance* (RR), *Grade Resistance* (GR) dan *total Resistance* (TR) dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Total Resistance Pit Km 3 Ke Disposal

Segmen	Jarak (m)	Beda Tinggi (m)	RR (lb/us-ton)	Grade (%)	GR (lb/us-ton)	TR (lb/us-ton)
AB	136,7	1,31	160	0,96	19,16	140,84
BC	90,23	0,00	160	0,00	0,00	160,00
CD	85,9	6,64	160	7,75	155,06	4,94
DE	97,67	9,52	160	9,79	195,87	35,87
EF	155,5	0,00	160	0,00	0,00	160,00
FG	41,56	0,09	160	0,22	4,33	164,33
GH	88,57	0,00	160	0,00	0,00	160,00
HI	88,99	7,49	160	8,45	168,93	328,93
IJ	83,15	0,00	160	0,00	0,00	160,00

Sumber: Pengambilan Data, 2025

Dari tabel diatas dapat dilihat Segmen Jalan dengan Total *Resistance* paling Rendah Ada Pada Segmen C-D Yaitu 4,94 Lb/Ton dengan Kondisi Jalan Angkut Menurun, Sedangkan Total *Resistance* paling Tinggi Ada Pada Segmen H - I Yaitu 328,93 Lb/Ton dengan Kondisi Jalan Angkut Mendaki.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Total *Resistance Disposal* Ke *Pit* Km 3

Segmen	Jarak (m)	Beda Tinggi (m)	RR (lb/us-ton)	Grade (%)	GR (lb/us-ton)	TR (lb/us-ton)
JI	83,15	0,00	160	0,00	0,00	160,00
IH	88,99	7,49	160	8,45	168,93	8,93
HG	88,57	0,00	160	0,00	0,00	160,00

Segmen	Jarak (m)	Beda Tinggi (m)	RR (lb/us-ton)	Grade (%)	GR (Ib/us-ton)	TR (Ib/us-ton)
GF	41,56	0,09	160	0,22	4,33	155,67
FE	155,51	0,00	160	0,00	0,00	160,00
ED	97,67	9,52	160	9,79	195,87	355,87
DC	85,90	6,64	160	7,75	155,06	315,06
CB	90,23	0,00	160	0,00	0,00	160,00
BA	136,78	1,31	160	0,96	19,16	179,16

Berdasarkan diatas, dapat dilihat Segmen Jalan dengan Total *Resistance* paling Rendah Ada Pada Segmen I-H Yaitu 8,93 Lb/Ton dengan Kondisi Jalan Angkut Menurun, Sedangkan Total *Resistance* paling Tinggi Ada Pada Segmen E-D Yaitu 355,87 Lb/Ton dengan Kondisi Jalan Angkut Mendaki.

3. Waktu Edar

a. Waktu Edar Alat Angkut

Dalam menentukan *Cycle Time* dari *Dump Truck* yang terdiri dari Waktu *Manuver* bermuatan, Waktu Pemuatan, Waktu *Hauling*, Waktu *Manuver* menumpahkan muatan, Waktu Menumpahkan muatan dan juga waktu *Return*. Adapun dalam menentukan waktu *Manuver* bermuatan, Waktu Pemuatan, Waktu *Manuver* menumpahkan muatan, dan Waktu Menumpahkan muatan diperoleh berdasarkan Pengambilan data *Cycle Time Actual* pada Lokasi yang tidak jauh pada blok penelitian, yang dapat dilihat pada. Sedangkan Untuk Menentukan Waktu *Hauling* dan *Return* ditentukan berdasarkan analisis data *Rimpull* pada Alat angkut yang nantinya akan digunakan. Adapun Hasil Perhitungan Rimpull dan Kecepatan *Dump Truck* pada tiap *Gear* nya dapat dilihat Pada Tabel Berikut.

Tabel 6 *Rimpull* dan Kecepatan *Dump Truck*

Gear	Rimpull	Efisiensi Mekanis (%)	HP	Kecepatan (mph)
1	44.751,4	85%	370	2,64
2	23.946,4	85%	370	4,93
3	16.926,0	85%	370	6,97
4	12.245,7	85%	370	9,63
5	8.943,87	85%	370	13,19
6	6.251,09	85%	370	18,87
7	4.423,85	85%	370	26,66
8	3.205,69	85%	370	36,79
9	2.340,15	85%	370	50,40

Sumber: Pengolahan Data, 2025

Setelah diketahui *rimpull* dan kecepatan dump truck pada tiap segmen nya, Lalu dapat dilakukan perhitungan *Cycle time* pada saat *Hauling* dan *Return* dengan membagi Jarak Jalan Angkut dengan Kecepatan *Dump Truck* yang digunakan. Adapun hasil Perhitungan *Cycle Time* Pada Saat *Hauling* dan *Return* Pada Tiap Segmen Jalan Dari *pit* Km 3 Menuju Ke *Disposal* dapat dilihat Pada Tabel 7 dan Tabel 4.8.

Tabel 7. Perhitungan *Cycle Time* Pada Saat *Hauling Pit* ke *Disposal*

Segmen	Jarak (m)	Kecepatan (m/menit)	Waktu Tempuh (menit)
AB	136,78	506,05	0,27
BC	90,23	506,05	0,18
CD	85,90	1351,77	0,06
DE	97,67	1351,77	0,07
EF	155,51	506,05	0,31
FG	41,56	353,69	0,12
GH	88,57	506,05	0,18
HI	88,99	186,89	0,48
IJ	83,15	506,05	0,16

Sumber: Pengolahan Data, 2025

Berdasarkan Hasil Pehitungan *Cycle Time* Pada Saat *hauling Pit* Ke *Disposal* didapatkan Total *Cycle Time* Keseluruhan pada tiap segmennya yaitu 1,82 Menit.

Tabel 4.7 Perhitungan *Cycle Time* Pada Saat *Return Disposal* ke *Pit*

Segmen	Jarak (m)	Kecepatan (m/menit)	Waktu Tempuh (menit)
JI	83,15	1,351,77	0,06
IH	88,99	1.351,77	0,07
HG	88,57	1.351,77	0,07
GF	41,56	1.351,77	0,03
FE	155,51	1.351,77	0,12
ED	97,67	715,07	0,14
DC	85,90	986,80	0,09
CB	90,23	1.351,77	0,07
BA	136,78	1.351,77	0,10

Sumber: Pengolahan Data, 2025

Berdasarkan Hasil Pehitungan *Cycle Time* Pada Saat *Return Disposal* Ke *Pit* didapatkan Total *Cycle Time* Keseluruhan pada tiap segmennya yaitu 0,73 Menit.

b. Waktu Edar Alat Gali Muat

Penentuan Waktu Edar Gali Muat ditentukan berdasarkan Pengambilan Data Lapangan. Pengamatan dilakukan sebanyak 30 kali berdasarkan kondisi aktual dilapangan yang terdiri dari waktu menggali, waktu ayun bermuatan, waktu menumpah, dan waktu ayun kosong. Waktu menggali dihitung mulai, bucket dari alat muat menyentuh permukaan tanah yang siap untuk menggali dan berakhir bila *Bucket* dari alat muat terisi penuh. Waktu ayun isi dihitung hingga *Bucket* dari alat muat mulai menumpahkan muatannya kedalam *Dump Truck*. Waktu penumpahan dihitung hingga muatannya habis ditumpahkan. Sedangkan waktu ayun kosong *Bucket* dihitung dalam keadaan posisi *Bucket* dari alat muat kembali dan siap untuk melakukan pemuatan selanjutnya. Pengambilan Data *Cycle Time* alat gali muat dilakukan pada Kegiatan *digging* & l*oading* material *Overburden* menggunakan alat gali muat *Excavator* Komatsu HB 365, Dan Pada Kegiatan *Unloading* material

Overburden menggunakan alat gali muat *Excavator Komatsu PC* 200.

4. Analisis Teori Antrian Kegiatan Pengupasan *Overburden*

a. Waktu Pelayanan

Adapun hasil perhitungan tingkat pelayanan dump truck dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 8. Tingkat pelayanan

No	Waktu Pelayanan (μ_n)	Tingkat Pelayanan ($1/\mu_n$)
1	3,802 Menit	0,263 Menit
2	1,168 Menit	0,856 Menit
3	0,650 Menit	1,539 Menit
4	0,693 Menit	1,444 Menit

Sumber: Pengolahan Data, 2025

b. Probabilitas Keadaan Antrian

Untuk jumlah keadaan antrian dimana alat gali muat melayani alat angkut sebanyak 3 unit yaitu sebanyak 20 kemungkinan, yang artinya ada 20 bentuk atau cara keadaan sistem alat angkut pada saat mengantri. Berdasarkan perhitungan dimana apabila yang mengantri di tahap 1 sebanyak 2 unit jadi untuk tahap 2, 3 dan 4 tidak ada *Dump Truck* yang mengantri. Untuk jumlah *Dump Truck* yang berada di tahap 1 ada 1 unit maka di mungkinkan bahwa jumlah *Dump Truck* yang berada di tahap 2, 1 unit dan pada tahap 3 dan 4 tidak ada *Dump Truck* dan seterusnya sehingga diperoleh banyaknya peluang kemungkinan terjadinya antrian putaran dari distribusi 3 unit *Dump Truck* pada kasus 4 tahap yaitu sebanyak 20 kemungkinan. Dimana dasar dari ketentuan jumlah probabilitas sama dengan 1 yaitu probabilitas keadaaan (2,0,0,0).

c. Tingkat penggunaan *dump truck* dan jumlah *dump truck* pada tahap 1 dan tahap 3

Tabel 9. Hasil perhitungan ηn dan ηnμn

Tahap 1		Tahap 3 333	
η_1	(unit/menit)	η_3	(unit/menit)
0,970	0,255	0,166	0,255

d. Jumlah *dump truck* yang antri dan waktu tunggu pada tahap 1 dan 3

Tabel 10. Hasil perhitungan Lqn dan Wqn

Tahap 1		Tahap 3	
Lq_1 (unit)	Wq_1 (menit)	Lq_3 (unit)	Wq_3 (menit)
1,363	5,343	0,027	0,107

Sumber: Pengolahan Data, 2025

5. Analisis Analisis Waktu Edar *Dump Truck*

Adapun hasil perhitungan waktu edar *dump truck* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 11. Waktu edar berdasarkan teori antrian

μn	Tingkat Pelayanan (μ_n)	$1/\mu_n$ (menit)	Wq_1 (menit)	Wq_3 (menit)	CT (Menit)
μ_1	0,263	3,802	5,343	0,107	11,7620
μ_2	0,856	1,168			
μ_3	1,539	0,650			
μ_4	1,444	0,693			

Sumber: Pengolahan Data, 2025

Berdasarkan tabel di atas, maka dapat diketahui bahwa rata-rata tingkat pelayanan tahap 1 adalah 0,236 menit, tahap 2 adalah 0,856 menit, tahap 3 adalah 1,539 menit dan tahap 4 adalah 1,444 menit, dimana waktu tunggu alat angkut pada tahap 1 yaitu selama 3,802 menit dan waktu tunggu alat angkut pada tahap 3 yaitu selama 0,650 menit, untuk *Cycle Time* alat angkut dengan adanya antrian yaitu 11,7620 menit.

6. Analisis Analisis Waktu Edar *Dump Truck*

a. Produktivitas Alat Gali Muat

Besaran Produktivitas *Excavator Komatsu HB* 365 pada saat Kegiatan *digging* & *loading* material *Overburden* adalah 276,40 ton/jam, Sedangkan besaran Produktivitas *Excavator Komatsu PC* 200 pada saat Kegiatan *Unloading* material di *disposal* adalah 273,13 ton/jam.

b. Produktivitas Alat Angkut

Penentuan waktu pengangkutan dan kembali kosong memiliki beberapa komponen dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 12. Parameter Penentuan Produktivitas Alat Angkut *Hauling Overburden*

No	Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Jumlah pengisian	8	Kali	Pengamatan dilapangan
2	Kapasitas *Bucket Excavator*	2,30	m^3	Lampiran 1
3	Faktor pengisian *Bucket* (%)	1,00	%	Data dari pihak perusahaan
4	*Swell factor* (%)	85,00	%	
5	Kapasitas *Dump Truck*	25,02	Ton	Lampiran 1
6	Efisiensi kerja	75%	%	Asumsi
7	Efisiensi operator	89%		
8	Efisiensi waktu	83%		
9	Waktu *Loading* (menit)	2,38	Menit	Lampiran 4
10	Waktu *Dumping* (menit)	0,65	Menit	Lampiran 4
11	Waktu *Hauling* (menit)	1,17	Menit	Lampiran 6
12	Waktu *Return*	0,69	Menit	Lampiran 6

No	Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
	(menit)			
13	*Wq1* (menit)	5,343	Menit	Lampiran 6
14	*Wq3* (menit)	0,107	Menit	Lampiran 6
15	*Cycle Time (CT)*	11,7620	Menit	Lampiran 6
16	*Density overburden*	1,36	Ton/m³	Data dari pihak perusahaan

Berdasarkan table diatas didapatkan produktivitas dari *Dump Truck* yaitu 108,50 ton/jam untuk 1 *Dump Truck* kemudian untuk 3 *Dump Truck* yaitu 325,51 ton/jam.

7. Kebutuhan Alat Mekanis

Adapun jumlah alat mekanis yang dibutuhkan pada kegiatan pengupasan *Overburden* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 13. Kebutuhan Jumlah Alat Mekanis Kegiatan Pengupasan *Overburden*

No	Alat Mekanis	Kegiatan	Jumlah (Unit)
1	*Excavator* Komatsu HB 365	Digging & Loading OB	1
2	*Excavator* Komatsu PC 200	Unloading Material OB	1
3	*Dump Truck* Qwester CWE 370	Hauling Material OB	3

Sumber: Pengolahan Data, 2025

3.4 Kegiatan Pengupasan Material *Overburden*

1. Kondisi Jalan Angkut *Pit* Km 3 Ke *Stockpile*

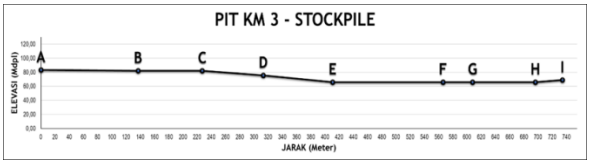
Berdasarkan data jalan angkut yang diperoleh dilapangan maka dapat dibuatlah profil jalan angkut yang menunjukkan keadaan jalan angkut dari *Pit* km 3 menuju Ke *Stockpile.* Adapun Data Segmen Jalan dari *Pit* Km 3 Menuju Ke *Stockpile* dapat dilihat Pada **Tabel 14** dan Jarak antar Profil jalan dari *Pit* Km 3 ke *Stockpile* bisa dilihat pada **Gambar 3.**

Tabel 14. Data Segmen Jalan Dari *Pit* Km 3 Menuju Ke *Stockpile*

Segmen	Jarak (m)	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	Keterangan
AB	136,78	83,47	82,16	Menurun
BC	90,23	82,16	82,16	Datar
CD	85,90	82,16	75,52	Menurun
DE	97,67	75,52	66,00	Menurun
EF	155,51	66,00	66,00	Datar
FG	41,56	66,00	66,09	Mendaki
GH	88,57	66,09	66,09	Datar
HI	37,89	66,09	68,85	Mendaki

Sumber: Pengambilan Data, 2025

Pada Kondisi Tidak Bermuatan, *Rute* Jalan yang direncanakan melalui Jalan yang sama Pada Saat Kondisi Bermuatan, dengan total jarak angkut 734,11 meter yang telah terbagi menjadi 8 Segmen (I - A).



Gambar 3. Profil Jalan Angkut *Pit* Km 3 Menuju Ke *Stockpile*

2. *Total Resistance Jalan Angkut dari Pit Km 3 Menuju Ke Stockpile*

Untuk kondisi segmen jalan menurun nilai *Rolling Resistance* (RR) dikurangi dengan nilai *Grade Resistance* (GR) Sebaliknya, pada segmen jalan dengan kondisi menanjak maka nilai *Rolling Resistance* (RR) dijumlahkan dengan nilai *Grade Resistance* (GR).

Tabel 15. Hasil Perhitungan Total *Resistance Pit* Km 3 Ke *Stockpile*

Segmen	Jarak (m)	Beda Tinggi (m)	RR (lb/us-ton)	Grade (%)	GR (lb/us-ton)	TR (lb/us-ton)
AB	136,78	1,31	160	0,98	19,16	140,84
BC	90,23	0,00	160	0,00	0,00	160,00
CD	85,9	6,64	160	7,75	155,06	4,94
DE	97,67	9,52	160	9,79	195,87	35,87
EF	155,51	0,00	160	0,00	0,00	160,00
FG	41,56	0,09	160	0,22	4,33	164,33
GH	88,57	0,00	160	0,00	0,00	160,00
HI	37,89	2,76	160	7,30	146,07	306,07
AB	136,78	1,31	160	0,98	19,16	140,84

Sumber: Pengolahan Data, 2025

3. Waktu Edar

a. Waktu Edar Alat Angkut

Setelah diketahui *Rimpull* dan kecepatan dump truck pada tiap segmen nya, Lalu dapat dilakukan perhitungan *Cycle time* pada saat *Hauling* dan *Return* dengan membagi Jarak Jalan Angkut dengan Kecepatan *Dump Truck* yang digunakan. Adapun hasil Perhitungan *Cycle Time* Pada Saat *Hauling* dan *Return* Pada Tiap Segmen Jalan Dari *pit* Km 3 Menuju Ke *Stockpile.*

Tabel 16. Perhitungan *Cycle Time* Pada Saat *Hauling Pit* ke *Stockpile*

Segmen	Jarak (m)	Kecepatan (m/menit)	Waktu Tempuh (menit)
AB	136,78	506,05	0,27
BC	90,23	506,05	0,18
CD	85,90	1351,77	0,06
DE	97,67	1351,77	0,07
EF	155,51	506,05	0,31
FG	41,56	353,69	0,12
GH	88,57	506,05	0,18
HI	37,89	258,32	0,15

Sumber: Pengolahan Data, 2025

Berdasarkan Hasil Pehitungan *Cycle Time* Pada Saat *Hauling Pit* Ke *Stockpile* didapatkan

Total *Cycle Time* Keseluruhan pada tiap segmennya yaitu 1,33 Menit. Dan *Cycle Time* Pada Saat *Return Stockpile* Ke *Pit* didapatkan Total *Cycle Time* Keseluruhan pada tiap segmennya yaitu 0,63 Menit.

b. Waktu Edar Alat Gali Muat

Penentuan Waktu Edar Gali Muat ditentukan berdasarkan Pengambilan Data Lapangan. Pengamatan dilakukan sebanyak 30 kali berdasarkan kondisi aktual dilapangan yang terdiri dari waktu menggali, waktu ayun bermuatan, waktu menumpah, dan waktu ayun kosong.

c. Analisis Waktu Edar *Dump Truck*

Adapun hasil perhitungan waktu edar *Dump Truck* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 17. Waktu edar berdasarkan teori antrian

µn	Tingkat Pelayanan (μ_n)	$1/\mu_n$ (menit)	Wq_1 (menit)	Wq_3 (menit)	CT (Menit)
μ_1	0,272	3,676	5,324	0,114	11,316
μ_2	1,042	0,960			
μ_3	1,539	0,650			
μ_4	1,685	0,593			

Sumber: Pengambilan Data, 2025

Berdasarkan tabel di atas, maka dapat diketahui bahwa rata-rata tingkat pelayanan tahap 1 adalah 0,272 menit, tahap 2 adalah 1,042 menit, tahap 3 adalah 1,539 menit dan tahap 4 adalah 1,685 menit, dimana waktu tunggu alat angkut pada tahap 1 yaitu selama 5,324 menit dan waktu tunggu alat angkut pada tahap 3 yaitu selama 0,114 menit, untuk *Cycle Time* alat angkut dengan adanya antrian yaitu 11,316 menit.

4. Produktivitas Alat Mekanis

a. Produktivitas Alat Gali Muat

Pada Proses kegiatan Penambangan Bijih Nikel Alat yang digunakan untuk *Ore Getting* dan memuat material (*loading*) menggunakan alat yang berbeda. Pada Tahap *Ore Getting/Selective Mining* digunakan *Excavator* Komatsu PC 200, Sedangkan Pada Saat Kegiatan *Loading* maerial *Overburden* digunakan *Excavator Komatsu HB* 365. Produktivitas *Excavator* dapat diketahui dengan beberapa parameter yaitu kapasitas *Bucket*, *Bucket faktor*, waktu edar, densitas serta faktor koreksi. Dimana faktor koreksi bertujuan agar dapat menghasilkan produktivitas alat yang mendekati kenyataan dilapangan. *Excavator Komatsu HB* 365 memiliki kapasitas *Bucket* 2,30 m^3, Data ini diperoleh berdasarkan Spesifikasi alat mekanis yang nantinya akan digunakan di lokasi penelitian. *Bucket Factor* 1,0. *Bucket Factor* diartikan sebagai besaran persentase kemampuan bucket dalam mengisi material. Nilai densitas material *Ore* yaitu 1,43, Data ini diperoleh dari pihak PT. Stargate Pasific Resources. Waktu edar *Excavator HB* 365 berdasarkan hasil observasi pada kegiatan yang sama dilokasi dekat daerah penelitian didapatkan nilai sebesar 0,46 menit.

Pada Proses kegiatan *Ore Getting* Alat yang digunakan yaitu *Excavator Komatsu PC* 200. Waktu edar *Excavator Komatsu PC* 200 berdasarkan hasil observasi pada kegiatan yang sama dilokasi dekat daerah penelitian didapatkan nilai sebesar 0,27 menit. Berdasarkan parameter tersebut, besaran Produktivitas *Excavator Komatsu HB* 365 pada saat Kegiatan *Loading* material *Ore* adalah 300,60 ton/jam, Berdasarkan parameter tersebut, besaran Produktivitas *Excavator Komatsu PC* 200 pada saat Kegiatan *Ore Getting* adalah 244,30 ton/jam, Sedangkan besaran Produktivitas *Excavator Komatsu PC* 200 pada saat Kegiatan *Unloading* material di *Stockpile* adalah 287,19 ton/jam

b. Produktivitas Alat Angkut

Penentuan produktivitas alat angkut menggunakan beberapa aspek yaitu waktu siklus yang waktunya didapatkan dari penjumlahan dari waktu pemuatan, waktu *Manuver* sebelum menumpah, waktu menumpahkan, waktu *Manuver* untuk dimuati, waktu pergi bermuatan dan waktu kembali untuk dimuati didapatkan dari hasil perhitungan *Rimpull*. Penentuan waktu pengangkutan dan kembali kosong memiliki beberapa komponen dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 18. Parameter Penentuan Produktivitas Alat Angkut *Hauling ore*

No	Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Jumlah pengisian	8	Kali	Pengamatan dilapangan
2	Kapasitas *Bucket Excavator*	2,30	m^3	Lampiran 1
3	Faktor pengisian *Bucket* (%)	1,00	%	Data dari pihak perusahaan
4	*Swell factor* (%)	85,00	%	
5	Kapasitas *Dump Truck*	26,31	Ton	Lampiran 1
6	Efisiensi kerja	75%	%	Asumsi
7	Efisiensi operator	89%		
8	Efisiensi waktu	83%		
9	Waktu *Loading* (menit)	2,30	Menit	Lampiran 4
10	Waktu *Dumping* (menit)	0,65	Menit	Lampiran 4
11	Waktu *Hauling*	0,96	Menit	Lampiran 6

No	Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
12	Waktu *Return* (menit)	0,59	Menit	Lampiran 6
13	*Wq1 (menit)*	5,342	Menit	Lampiran 6
14	*Wq3 (menit)*	0,114	Menit	Lampiran 6
15	*Cycle Time (CT)*	11,316	Menit	Lampiran 6
16	*Density overburden*	1,43	Ton/m³	Data dari pihak perusahaan

Sumber : Pengolahan Data, 2025

Berdasarkan parameter diatas didapatkan produktivitas dari *Dump Truck* yaitu 118,59 ton/jam untuk 1 *Dump Truck* kemudian untuk 3 *Dump Truck* yaitu 355,76 ton/jam.

5. Kebutuhan Alat Mekanis

Berdasarkan Hasil Perhitungan Kebutuhan Alat Mekanis yang dihitung berdasarkan nilai target produksi dan Juga Productivity alat mekanis yang telah dihitung sebelumnnya, Sehingga didapatkan jumlah alat yang dibutuhkan dalam kegiatan Pengupasan material *Overburden* yaitu 1 unit *Excavator Komatsu PC* 200 Untuk kegiatan *Ore Getting*, 1 unit *Excavator Komatsu HB* 365 Untuk kegiatan *Loading* material *Ore* dan 1 Unit *Excavator Komatsu PC* 200 Untuk kegiatan *Unloading* material *Ore* di *Stockpile*, dan 3 Unit *Dump Truck Qwester CWE* 370 untuk kegiatan hauling material *Ore* dari *Pit* ke *Stockpile.*

Berdasarkan hasil perhitungan Jumlah Kebutuhan Alat Mekanis, tingkat keserasian kerja alat untuk satu unit *Excavator Komatsu HB* 365 dengan 3 unit alat angkut *Dump Truck Qwester CWE* 370 adalah 1,39 sehingga terdapat waktu tunggu oleh alat angkut,

Adapun jumlah alat mekanis yang dibutuhkan pada kegiatan Penambangan Bijih Nikel dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 19. Kebutuhan Jumlah Alat Mekanis Kegiatan Penambangan Bijih Nikel

No	Alat Mekanis	Kegiatan	Jumlah (Unit)
1	*Excavator* Komatsu HB 365	*Loading Ore*	1
2	*Excavator* Komatsu PC 200	*Ore Getting*	1
3	*Excavator* Komatsu PC 200	*Unloading* Material *Ore*	1
4	*Dump Truck Qwester CWE 370*	*Hauling Material Ore*	3

Sumber : Pengolahan Data, 2025

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat disimpulkan, Bahwa:

1. Pada kegiatan Pengupasan material *Overburden* dibutuhkan alat gali muat *Excavator Komatsu PC HB* 365 untuk kegiatan menggali (*digging*) dan memuat (*loading*) material *Overburden* sebanyak 1 unit, *Excavator Komatsu PC* 200 untuk kegiatan *Unloading* material *Overburden* sebanyak 1 unit dan dibutuhkan alat angkut *Dump Truck Qwester CWE* 370 untuk kegiatan pengangkutan material *Overburden* sebanyak 3 Unit.
2. Pada Kegiatan penambangan bijih nikel atau Pengambilan *Ore* dibutuhkan 1 Unit *Excavator Komatsu PC* 200 untuk kegiatan menggali atau *ore getting*, 1 Unit *Excavator Bucket* dengan *Type Komatsu HB* 365 untuk kegiatan *Loading* material *Ore,* 1 Unit *Excavator Komatsu PC* 200 untuk kegiatan *Unloading* material *Ore* dan dibutuhkan alat angkut *Dump Truck Qwester CWE* 370 untuk kegiatan pengangkutan material *Ore* sebanyak 3 Unit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak PT. Stargate Pasific Resources yang telah bersedia menjadi lokasi penelitianpenulis serta banyak membantu selama proses penelitian berlangsungdan terima kasih kepada seluruh pihak yang membantu selama proses penelitian hingga penyusunan hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Arif, I., 2018. Nikel Indonesia, 1st ed. PT Gramedia Pustaka Utama, ISBN: 978-602-06-1935-4 Jakarta.

[2] Caterpillar, 2000. Caterpillar Performance Handbook Edition 31.

[3] Ercelebi, S.G., Bascetin, A., 2009. Optimization of shovel-truck system for surface mining. Article in Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. Vol. 109, Hal. 433–439.

[4] Hai, D.V., Masniyom, M., 2016. Application Of Queuing Theory In Analisis Shovel-Truck Haulage System In Viet Nam Surface Mine. ISBN: 978-93-85973-12.

[5] Hidayati, A. P. D., Permana, I. S., & Oktavia, M. (2021). Optimasi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Menggunakan Metode Teori Antrian dan Kapasitas Produksi pada Kegiatan Coal Getting di PT Natural Artha Resource. Jurnal Mine Magazine (MineMagz), 2(1). http://ojs.umb-bungo.ac.id/

[6] Indonesianto, Y., 2013. Pemindahan Tanah Mekanis, 1st ed. CV. Awan Poetih, ISBN: 978-602-820607-5. Yogyakarta.
[7] Komatsu, 2019. Specifications Dan Application Handbook edition 32. Komatsu, Japan.
[8] Nando, S., K, Nurkhamim, dan, Magister Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional, P., Pembangunan Nasional, U., 2020. Perbandingan Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut (By Region Vs Baseline) Dalam Rangka Mencapai Target Produksi 82.611.762 Ton/Tahun Pada PT. Vale Indonesia Tbk, Sorowako Sulawesi Selatan. Vol. 2. ISSN: 2686-0651.
[9] Pasch, O., Uludag, S., 2018. Optimization of the load-and-haul operation at an opencast colliery. J South Afr Inst Min Metall. Vol. 118, Hal. 449–456. ISSN: 2411-9717. https://doi.org/10.17159/2411-9717/2018/v118n5a1
[10] Peurifoy, R., Schexnayder, C.J., Schmitt, R.L., Shapira, A., 2018. Construction Planning, Equipment, and Methods, 9th ed. Mc Graw Hill Education. ISBN: 978-1-26-010880-4.
[11] Rachmadiani, S.I., Sudiyanto, A., Cahyadi, T.A., Inmarlinianto, I., Winda, W., Darwis, D., 2021. Analisis Rencana Kebutuhan Alat Gali-Muat Excavator Caterpillar 320d0 Dan Exavator Kobelco Sk330 Terhadap Alat Angkut Dump Truck Hino 500 Fm260jd Pada Kegiatan Penambangan Bijih Nikel. Jurnal Pertambangan Dan Lingkungan,Vol. 2, Hal. 19-25 ISSN:2775-1383 https://doi.org/10.31764/jpl.v2i2.6149
[12] Rortiyanti, S.F., 2008. Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi, 2nd ed. PT RINEKA CIPTA, ISBN: 978-979-518-850-5. Jakarta.
[13] Surono, Hartono, U., 2013. Geologi Sulawesi, 1st ed. LIPI Press, ISBN: 978-979-799-757-1. Jakarta.
[14] Tapia, E., Salazar Araya, A., Saavedra, N., Nehring, M., Mora, J., 2021. An analysis of full truck versus full bucket strategies in open pit mining loading and hauling operations.
[15] Varghese, A., Xavier, A.S., 2008. Literature Review On Hauling Equipment Productivity using cycle Time Culculatation. International Research Journal of Engineering and Technology 467. Vol. 5, 467-471. ISSN: 2395-0056 .