



# Ranah Research :

## Journal of Multidisciplinary Research and Development

+62 821-7074-3613



[ranahresearch@gmail.com](mailto:ranahresearch@gmail.com)



<https://jurnal.ranahresearch.com/>



## Analisis Pengaruh Parameter Geoteknik Batuan Terhadap Strategi Penggalan *Overburden* di PT. Manambang Muara Enim

Andi Imam Prabowo<sup>1</sup>, Taufik Toha<sup>2</sup>, Maulana Yusuf<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia, [andiimam07@gmail.com](mailto:andiimam07@gmail.com)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia, [maulanayusuf@ft.unsri.ac.id](mailto:maulanayusuf@ft.unsri.ac.id)

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia, [toha@unsri.ac.id](mailto:toha@unsri.ac.id)

Corresponding Author: [andiimam07@gmail.com](mailto:andiimam07@gmail.com)<sup>1</sup>

**Abstract:** *The methods of excavation currently performed at the PT. MME are free digging and ripping. Technical studies carried out to determine whether the overburden material excavated is actually free digging and ripping, according to the characteristics of the rock mass and the digging force capabilities of excavator have not been investigated. The impact of digging force on the mechanical characteristics of the rock against the unit is on the decreased productivity if the excavation method is performed incorrectly and also related to the performance of the unit, PA, MA, UA, and EU. After research, it is found if the material excavated by the excavators EX1250 and EX900 is siltstone material with uniaxial compressive strength (UCS) of 0.67 MPa. Whereas according to the specification, the digging power value of each device is 0.60 Mpa for EX1250, and 0.48 Mpa to EX900, is below the UCS value of silt stone material. This problem cause a deviation in the productivity value of excavators. On the EX1250 unit, the productivity with direct digging method (512.52 Bcm/h) is lower compared to the ripping material excavation method (552.67 BCM/h), which is 40.15 Bcm /h. As for the EX900, the productivity with direct Digging method is 42.77 BCM /h, whereas the production with ripping materials excavations method is 471.77 Bcm per hour, there is a deviation of 50.99 BCM per hour. In addition, direct digging methods using EX1250 and EX900 units on siltstone materials, potentially reducing mechanical performance and utilization on excavators.*

**Keyword:** *digging force, free digging, uniaxial compressive strength (ucs), productivity, mechanical availability*

**Abstrak:** Metode kerja penggalan yang dilakukan saat ini di PT. MME adalah *free digging* dan *ripping*. Kajian teknis yang dilakukan untuk menentukan apakah material *overburden* yang digali apakah memang benar-benar *free digging* atau *ripping*, sesuai dengan karakteristik massa batuan dan kemampuan *digging force* alat gali-muat belum dilakukan penelitiannya. Pengaruh dari *digging force* dan karakteristik mekanis batuan terhadap unit adalah pada

*productivity* yang menurun jika metode penggalian yang dilakukan tidak tepat dan juga terkait kinerja unit yaitu PA, MA, UA, dan EU. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan jika material yang digali oleh alat gali muat EX1250 dan EX900 berupa material *siltstone* dengan nilai kuat tekan (UCS) sebesar 0,67 MPa. Sedangkan berdasarkan spesifikasi, nilai *digging force* masing-masing alat yaitu 0,60 Mpa untuk EX1250 dan 0,48 Mpa untuk EX900, berada di bawah nilai UCS material *siltstone*. Hal ini mengakibatkan adanya deviasi pada nilai *productivity* alat gali-muat. Pada unit EX1250, *productivity* dengan metode *direct digging* (512,52 Bcm/jam) lebih kecil dibandingkan dengan metode penggalian material *ripping* (552,67 Bcm/jam), yaitu sebesar 40,15 Bcm/jam. Sedangkan untuk unit EX900, *productivity* dengan metode *direct digging* sebesar 42,77 Bcm/jam, sedangkan *productivity* dengan metode penggalian material *ripping* sebesar 471,77 Bcm/jam, terdapat deviasi 50,99 Bcm/jam. Selain itu, metode penggalian *direct digging* dengan menggunakan unit EX1250 dan EX900 pada material *siltstone*, berpotensi untuk menurunkan kinerja mekanis dan utilisasi pada alat gali-muat.

**Kata Kunci:** *digging force*, *free digging*, nilai kuat tekan (UCS), *productivity*, kinerja mekanis

## PENDAHULUAN

Sistem penambangan batubara pada Tambang PT. MME adalah *strip mining* dengan menggunakan metode kombinasi *shovel-dump truck*. Kegiatan penambangan yang sedang berlangsung di PT. MME meliputi pembersihan lahan, pengupasan *top soil*, pengupasan material *overburden*, penggalian serta proses pengolahan batubara dan reklamasi (FS PT MME, 2019).

Metode dan strategi yang digunakan pada proses penggalian *overburden* dapat dibagi berdasarkan jenis material yang digali. Pertama, metode penggalian langsung (*direct digging*) dilakukan secara langsung dengan alat gali-muat untuk material yang bersifat lunak seperti lumpur, *top soil*, maupun *sub soil*. Kedua, metode penggalian dengan penggaruan (*ripping*) digunakan bila kondisi batuan tidak bisa digali langsung dengan alat gali-muat dan harus dibantu dengan pembeaian menggunakan dozer *ripping*. Terakhir, metode penggalian dengan fragmentasi peledakan (*blasting*) diterapkan bila material sudah terlalu keras dan tidak dapat digaru dengan unit dozer. Dalam metode ini, material akan dipecah menggunakan peledakan sehingga fragmentasi dari hasil ledakan tersebut menjadi lebih mudah untuk digali atau dimuat ke dalam vessel *dump truck*. Beberapa metode penggalian tersebut sangat bergantung pada beberapa faktor, diantaranya *digging force* dari unit alat gali-muat dan aspek geoteknik batuan berupa *density material*, kohesi, serta kuat tekan massa batuan (Toha, dkk., 2022). Pemilihan metode tersebut sangat mutlak diperlukan dalam kegiatan operasi penambangan, karena sangat mempengaruhi efisiensi dan efektivitas pekerjaan penggalian *overburden*.

Metode kerja penggalian yang dilakukan saat ini di PT. MME adalah *free digging* dan *ripping*. Kajian teknis yang dilakukan untuk menentukan apakah material *overburden* yang digali apakah memang benar-benar *free digging* atau *ripping*, sesuai dengan karakteristik massa batuan dan kemampuan *digging force* alat gali-muat belum dilakukan penelitiannya. Pengaruh paling besar terhadap kinerja unit adalah pada *productivity* yang menurun jika metode penggalian yang dilakukan tidak tepat dan bahkan Pengaruh yang lebih jauh akan berdampak pada umur pemakaian unit, yang seharusnya *life time* bisa 12.000 jam, tetapi karena kesalahan metode penggalian maka, unit tersebut bekerja lebih berat dari spesifikasi yang seharusnya, sehingga umur pemakaian unit bisa menjadi 10.000 atau bahkan 8.000 jam.

Adapun tujuan penelitian berdasarkan permasalahan di atas adalah sebagai berikut. Pertama, mengidentifikasi stratigrafi dan menganalisis litologi material *overburden* dan *interburden* untuk mengetahui jenis material serta karakteristik fisik dan mekanik batuan. Kedua, menganalisis pengaruh litologi, karakteristik fisik, dan mekanik batuan terhadap gaya

penggalian (digging force) guna mengetahui produktivitas excavator. Ketiga, melakukan analisis korelasi pengaruh litologi, karakteristik fisik, dan mekanik batuan terhadap kinerja alat gali-muat (PA, MA, UA, dan EU).

## METODE

Lokasi penelitian ini dilakukan di area tambang batubara di wilayah Muara Enim, tepatnya di PT. Manambang Muara Enim, Pit 1, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muaraenim, Provinsi Sumatera Selatan. Secara spesifik lokasi penelitian terletak 210 km dari Kota Palembang dan 24 km dari Kota Muaraeni. Penelitian ini dilakukan agar nantinya bisa dijadikan acuan untuk wilayah tambang yang memiliki formasi batuan dengan karakteristik yang sama dalam menentukan metode penggalian yang efektif. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah tidak hanya untuk menjelaskan secara menyeluruh mengenai pengaruh parameter geoteknik batuan terhadap pemilihan strategi penggalian *overburden*, namun juga ada tujuan lainnya, yaitu berupa rekomendasi metode penggalian yang efektif digunakan berdasarkan karakteristik masing-masing lapisan batuan. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap parameter geoteknik dari suatu lithologi batuan terhadap metode penggalian *overburden* yang nantinya akan dilihat pengaruh terhadap cycle time, productivity dan kinerja alat.

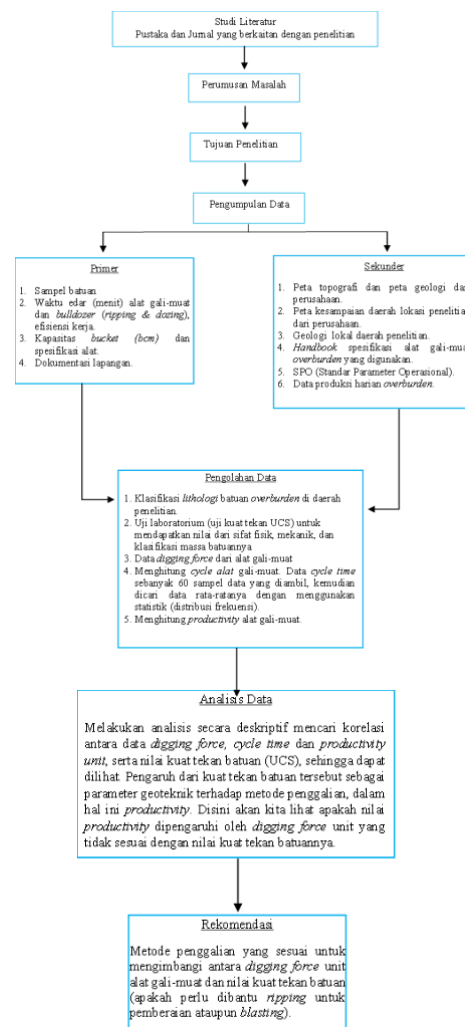
Data primer yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa aspek penting. Pertama, sampel dari masing-masing lapisan batuan *overburden* diambil melalui coring pemboran, yang kemudian diuji di laboratorium untuk menentukan karakteristik fisik, mekanik, dan sifat massa batuan tersebut. Kedua, sampel data cycle time pada masing-masing tipe alat gali-muat *overburden* diperoleh dengan menggunakan stopwatch selama proses loading material *overburden*, dengan minimal 30 data cycle time yang dikumpulkan untuk setiap tipe alat gali-muat. Ketiga, data efisiensi kerja diperoleh dari perhitungan jam kerja efektif selama satu bulan pengambilan data yang kemudian dibagi dengan available hour (jam kerja tersedia) dalam bulan tersebut. Keempat, dokumentasi foto dan video digunakan untuk melengkapi data penelitian. Selain data primer, data sekunder juga dikumpulkan untuk mendukung penelitian ini. Data sekunder meliputi peta topografi dan peta geologi dari perusahaan, peta kesampaian daerah lokasi penelitian dari perusahaan, geologi lokal daerah penelitian, handbook spesifikasi alat gali-muat *overburden* yang digunakan, Standar Parameter Operasional (SPO), serta data produksi harian *overburden*.

Data primer berupa sampel batuan hasil dari *coring* pemboran akan dilakukan uji laboratorium untuk mendapatkan nilai sifat fisik mekanik batuan berupa uji kuat tekan dan klasifikasi massa batuanya. Sebelumnya, pada hasil coring tersebut dilakukan analisis untuk mengetahui jenis *lithologi* batuanya dan dibandingkan dengan data lithologi yang telah ada, baru kemudian dilakukan uji kuat tekan. Analisa kuat tekan menggunakan alat yang disebut pressure gate (Gambar 3.1). Analisa ini bertujuan untuk klasifikasi kekuatan dan karakteristik batuan utuh. Menurut standar SRTM, contoh batuan uji berbentuk silinder dengan L/D bervariasi dari 2,5– 3,0 dan sebaiknya diameter berukuran tidak kurang dari ukuran NX,  $\pm 54$  mm. Dalam tahap uji lab dijelaskan tentang mekanisme pecah contoh batuan uji berupa penyebaran tegangan yaitu searah dengan gaya yang dikenakan pada contoh tersebut. Hasil dari pengujian kuat tekan dapat berupa kurva tegangan regangan, kuat tekan uniaksial, modulus young, nisbah poisson, fraktur energi dan spesifik fraktur energi. Sehingga bisa didapat nilai kuat tekan sesuai dengan jenis batuanya.

Kemudian data yang akan diambil adalah data Icycle time. Pengambilan data *cycle time*, akan diambil sebanyak minimal 30 data kemudian diolah menggunakan analisis statistik dan distribusi frekuensi untuk mendapatkan nilai rata-rata pada data *cycle time* tersebut. Distribusi frekuensi merupakan penyusunan suatu data mulai dari data terkecil hingga terbesar yang membagi banyaknya data kedalam beberapa kelas (Riduwan, 2003). Kegunaan data yang diubah dalam bentuk distribusi frekuensi yaitu untuk memudahkan penyajian, mudah

dipahami dan mudah dibaca sebagai informasi. Informasi yang didapat akan menjadi dasar pengambilan keputusan untuk penarikan kesimpulan suatu data. Perhitungan data distribusi frekuensi ini akan dilakukan dengan menggunakan program Microsoft Excel

Nilai *cycle time* yang didapat dari distribusi frekuensi akan dipakai dalam perhitungan data *productivity* masing-masing tipe alat gali-muat pada penggalian tiap lapisan batuan. Selain data *cycle time*, beberapa data yang dibutuhkan untuk perhitungan *productivity* ini yaitu data kapasitas bucket, *fill factor bucket*, dan efisiensi kerja yang didapat dari data sekunder (studi literatur dan studi instansional). Setelah data kuat tekan per masing-masing jenis batuan, *cycle time*, serta data *productivity* per unit alat gali muat tiap jenis batuan didapatkan, maka dikorelasikan dengan data *digging force* dari spesifikasi masing-masing alat gali-muat. Sehingga, dapat dilihat pengaruh dari kuat tekan batuan tersebut sebagai parameter geoteknik terhadap metode penggalian, dalam hal ini *productivity*. Disini akan kita lihat apakah nilai *productivity* dipengaruhi oleh *digging force* unit yang tidak sesuai dengan nilai kuat tekan batuan. Jika memang terjadi penurunan *productivity* yang signifikan, maka akan direkomendasikan metode penggalian yang sesuai untuk mengimbangi antara *digging force* unit alat gali-muat dan nilai kuat tekan batuan (apakah perlu dibantu *ripping* untuk pembeeraan ataupun *blasting*).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil bor eksplorasi diketahui bahwa *lithology* daerah potensi endapan batubara PT Manambang Muara Enim adalah terdiri dari perselingan antara *claystone*, *sandstone*, *siltstone* dan batubara.

	MATERIAL TYPE	GENERAL THICKNESS (m)
	SOIL	4.7
	SANDSTONE	9
	SILTSTONE	2.2
	CLAYSTONE	21.3
	SILTSTONE	2
	CLAYSTONE	2.2
	<b>SEAM A</b>	5
	CLAYSTONE	7.3
	<b>SEAM B</b>	1.3
	SILTSTONE	6
	SANDSTONE	1.5
	SILTSTONE	2.5
	CLAYSTONE	6.9
	SANDSTONE	7.8
	<b>SEAM C</b>	7.5
	SILTSTONE	7.5
	CLAYSTONE	1.5
	SANDSTONE	9.5
	<b>SEAM D</b>	18
	SANDSTONE	25.5
	SILTSTONE	6
	<b>SEAM E</b>	6
	CLAYSTONE	4.5
	SILTSTONE	3
	<b>SEAM F</b>	7.5
	CLAYSTONE	1.85
	SANDSTONE	19
	CLAYSTONE	9.5
	SANDSTONE	6
	CLAYSTONE	7.5
	SILTSTONE	10.5
	SANDSTONE	2

Gambar 2. *Lithology* Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil uji kuat tekan, nilai UCS batuan pada lokasi penelitian berkisar antara 0,13 MPa sampai dengan 9,85 Mpa. Material yang diamati pada saat pengambilan data penggalian yaitu berupa *siltstone* yang merupakan *interburden* dari seam E dengan nilai kuat tekan 0,67 Mpa. Untuk spesifikasi unit alat gali-muat yang digunakan, dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Unit XCMG EX900

Item	Unit	Parameter
<i>Operating Weight</i>	Kg	89.600
<i>Engine Power</i>	KW/RPM	399/2100
<i>Bucket Capacity</i>	m <sup>3</sup>	4,10
<i>Bucket Digging Force</i>	MPa	0,48
<i>Walking Speed</i>	km/h	2,8-4,2
<i>Slewing Speed</i>	r/min	6,30
<i>Digging Radius</i>	mm	12.330
<i>Dumping Height</i>	mm	8.070

Tabel 2. Spesifikasi Unit XCMG EX900

Item	Unit	Parameter
<i>Operating Weight</i>	Kg	115.000
<i>Engine Power</i>	KW/RPM	567/1800
<i>Bucket Capacity</i>	m <sup>3</sup>	5,20
<i>Bucket Digging Force</i>	MPa	0,60
<i>Walking Speed</i>	km/h	2,4-3,5
<i>Slewing Speed</i>	r/min	5,20
<i>Digging Radius</i>	mm	13.860
<i>Dumping Height</i>	mm	7.990

Berdasarkan data *lithology* yang ada, didapatkan jika material yang digali oleh alat gali muat EX1250 dan EX900 berupa material *siltstone* dengan nilai kuat tekan (UCS) sebesar 0,67 MPa. Sedangkan berdasarkan spesifikasi alat gali-muat yang ada, nilai *digging force* masing-

masing alat yaitu 0,60 Mpa untuk EX1250 dan 0,48 Mpa untuk EX900. Terlihat disini jika nilai *digging force* EX1250 berada di bawah nilai UCS material hanya berkisar di angka 90% dan untuk *digging force* EX900 hanya sebesar 72% dari nilai UCS *siltstone*.

**Tabel 3. Nilai *Digging Force* EX1250 vs UCS *Siltstone***

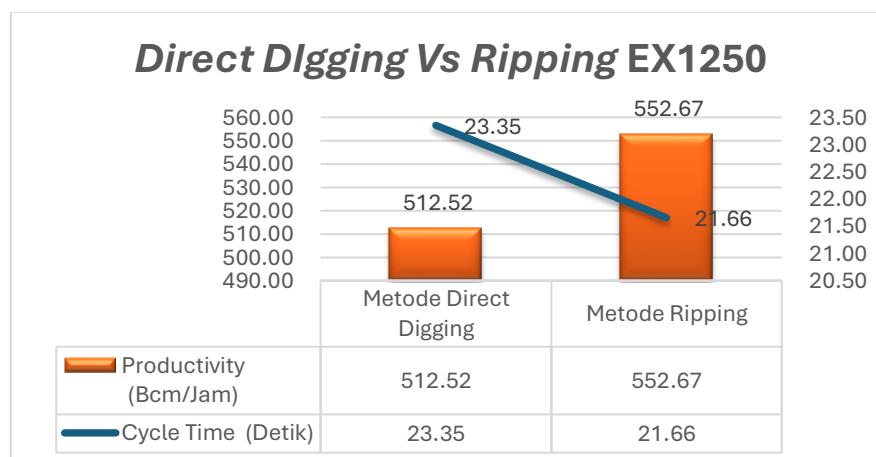
Deskripsi	Nilai	Satuan
Nilai UCS Material <i>Siltstone</i>	0.67	Mpa
<i>Digging Force</i> Unit EX1250	0.60	Mpa
<i>Digging Force</i> vs UCS Material	90%	

**Tabel 4. Nilai *Digging Force* EX1250 vs UCS *Siltstone***

Deskripsi	Nilai	Satuan
Nilai UCS Material <i>Siltstone</i>	0.67	Mpa
<i>Digging Force</i> Unit EX900	0.48	Mpa
<i>Digging Force</i> vs UCS Material	72%	

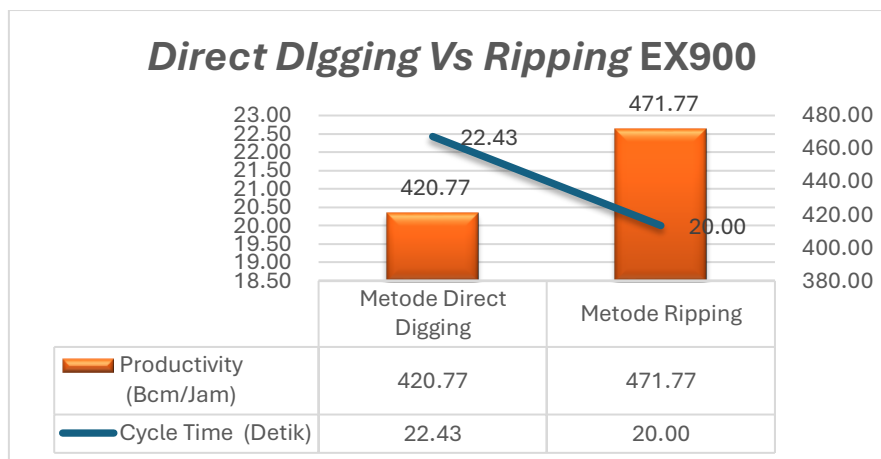
Walaupun nilai *digging force* alat gali-muat berada di bawah nilai UCS material yang digali, metode penggalian *direct digging* ternyata masih bisa dilakukan dengan alat gali-muat. Hanya saja, akan berpengaruh kepada *cycle time* alat gali-muat, terutama pada saat waktu penggalian. Berdasarkan data *cycle time* yang sudah diolah untuk masing-masing unit alat gali-muat (EX1250 dan EX900) dengan metode penggalian yang berbeda (*direct digging* dan penggalian material hasil *ripping*), didapatkan jika *cycle time* dengan *direct digging* membutuhkan waktu lebih lama 1,69 detik dibandingkan dengan menggali material *ripping* pada EX1250. Sedangkan untuk EX900 didapatkan jika waktu menggali dengan *direct digging* membutuhkan waktu lebih lama 2,43 detik dibandingkan dengan menggali material *ripping*.

Dengan adanya deviasi dari *cycle time* ini, akan berakibat adanya deviasi pada nilai *productivity* alat gali-muat. Pada unit EX1250, *productivity* dengan metode *direct digging* lebih kecil dibandingkan dengan metode penggalian material *ripping*, yaitu sebesar 40,15 Bcm/jam. Sedangkan untuk unit EX900, terdapat deviasi lebih kecil sebesar 50,99 Bcm/jam.



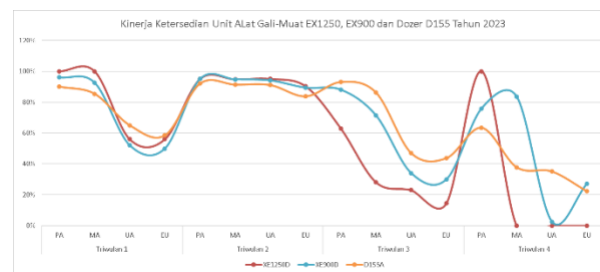
**Gambar 3. Grafik *Direct Digging* vs Metode *Ripping* EX1250**





Gambar 4. Grafik Direct Digging vs Metode Ripping EX900

Selain terhadap *productivity* unit, karakteristik mekanis batuan juga memiliki pengaruh terhadap kinerja peralatan alat gali-muat. Berdasarkan data kinerja dan ketersediaan alat gali muat yang telah diolah sebelumnya selama setahun, dapat dilihat jika terdapat tren kenaikan dan penurunan MA, UA alat gali-muat mengikuti kenaikan dan penurunan MA, UA unit *dozer ripping*. Pada triwulan 1 dan triwulan 2 2023, terlihat ketika MA dan UA *dozer ripping* tinggi, MA dan UA alat gali-muat EX1250 dan EX900 juga cenderung tinggi. Sebaliknya pada triwulan 3 dan triwulan 4 2023, ketika MA dan UA *dozer ripping* rendah, MA dan UA alat gali-muat EX1250 dan EX900 juga cenderung rendah atau mengalami penurunan. Hal ini mengindikasikan jika metode penggalian *direct digging* (tanpa *ripping*) dengan menggunakan unit EX1250 dan EX900 pada material *siltstone*, berpotensi untuk menurunkan kinerja mekanis dan utilisasi pada alat gali-muat. Grafik kinerja dan ketersediaan alat gali-muat serta unit *dozer ripping* dapat dilihat pada tabel berikut :



Gambar 5. Grafik Kinerja Unit Alat Gali-Muat dan Dozer Tahun 2023

Kinerja dari unit alat gali-muat ini juga berpengaruh kepada angka produksi yang dihasilkan dari alat gali-muat tersebut. Berdasarkan pengamatan secara langsung dan pengumpulan data produksi harian serta jam kerja untuk melihat efektivitas penggunaan unit selama satu bulan di bulan Juli 2023. Berdasarkan data tersebut, terlihat jika pada shift 1 produksi dan jam kerja lebih banyak dibandingkan dengan shift 2. Pada unit EX1250, produksi di shift 1 sebanyak 130.645 Bcm dengan jam kerja 222,98 jam, sedangkan produksi di shift 2 sebanyak 119.728 Bcm (8% lebih rendah dibanding shift 1) dan jam kerja 209,19 jam (lebih rendah 6% dibanding shift 1). Pada unit EX900, produksi di shift 1 sebanyak 80.618 Bcm dengan jam kerja 214,82 jam, sedangkan produksi di shift 2 sebanyak 62.896 Bcm (22% lebih rendah dibanding shift 1) dan jam kerja sebanyak 173,79 jam (19% lebih rendah dibanding shift 1). Adanya deviasi antar shift 1 dan shift 2 ini dikarenakan pada shift 2 unit yang digunakan untuk alat gali-muat *idle* menunggu unit *hauler* untuk kembali ke *front* penggalian.

Terlambatnya *hauler* ini karena area jalan hauling yang berdebu dan ditambah visibilitas yang kurang pada malam hari.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil identifikasi *lithology* daerah penelitian terdiri dari beberapa jenis batuan, yaitu *soil* dengan ketebalan 0,1 – 3 meter, *claystone* dengan ketebalan 2,2 – 21 meter, *sandstone* dengan ketebalan 1,5 – 25,5 meter, *siltstone* dengan ketebalan 2 – 10,5 meter, dan batubara dengan ketebalan 1,5 – 18 meter.
2. Nilai UCS batuan pada lokasi penelitian berkisar antara 0,13 MPa sampai dengan 9,85 MPa. Material yang diamati pada saat pengambilan data penggalian yaitu berupa *siltstone* yang merupakan *interburden* dari seam E dengan nilai kuat tekan 0,67 MPa.
3. Nilai *digging force* alat gali-muat EX1250 (0,6 Mpa) dan EX900 (0,48 Mpa) lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan *siltstone* (UCS) sebesar 0,67 MPa.
4. Dengan nilai *digging force* yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai UCS, penggalian dengan metode *direct digging* masih bisa dilakukan. Hanya saja akan membuat *cycle time* penggalian menjadi lebih lama dan *productivity* yang lebih rendah jika dibandingkan penggalian dengan metode *ripping* terlebih dahulu.
5. Nilai *digging force* yang lebih kecil dengan menggunakan metode penggalian secara *direct digging* (tanpa *ripping*) dengan menggunakan unit EX1250 dan EX900 pada material *siltstone*, berpotensi untuk menurunkan kinerja mekanis dan utilisasi pada alat gali-muat.
6. Secara kualitatif, penggalian dengan metode *ripping* terlebih dahulu pada alat gali-muat dengan *digging force* lebih kecil dibandingkan nilai UCS dapat memperpanjang *lifetime* (umur pakai) alat gali-muat, karena secara mekanis alat akan bekerja lebih ringan jika dibandingkan langsung dengan metode *direct digging*. Dengan metode penggalian *ripping* terlebih dahulu, *productivity* alat gali-muat akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode *direct digging*.
7. Adanya kecenderungan jam kerja yang lebih rendah pada shift 2 dikarenakan adanya *idle time* yang mengakibatkan turunnya angka produksi di shift 2 pada bulan Juli 2023.

Berdasarkan kesimpulan dan analisis dari penelitian ini, maka direkomendasikan pemberaian material (*ripping*) sebelum dilakukan penggalian pada alat gali-muat dengan spesifikasi *digging force* yang lebih rendah dari nilai UCS material. Selain itu, menjaga kinerja mekanis (MA) dan utilisasi (UA) dari unit dozer *ripping* tetap tinggi supaya nilai kinerja mekanis (MA) dan utilisasi (UA) dari alat gali-muat juga tetap tinggi. Hal ini dikarenakan terdapat tren kenaikan dan penurunan MA, UA alat gali-muat mengikuti kenaikan dan penurunan MA, UA unit *dozer ripping*.

## REFERENSI

- Adiwidjaja, P., & de Coster, G. L. (1973). Pre-Tertiary paleotopography and related sedimentation in South Sumatra. *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association*, 89-104.
- Akhil, et al. (2018). Effect of rock properties on rippability of laterite in iron ore mines of Goa. *Journal of Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 5(2). IIETA. India.
- Ayhan, K., et al. (2018). Excavatability assessment of rock masses for geotechnical studies. In *Handbook of Research on Trends and Digital Advances in Engineering Geology* (pp. 00-00). IGI Global. Turkey.
- Barton, N., Lien, R., & Lunde, J. (1974). Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Norwegian Geotechnical Institute Publication*, 106.
- Bieniawsky, Z. T. (1989). Engineering rock mass classification. *Mining and Mineral Resources Research Institute*, Pennsylvania State University.



- Boris, et al. (2019). Conceptual development of the transition from drill and blast excavation to non-blasting methods for the preparation of mined rock in surface mining. *The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin*, UDC: 622:271. Ukraine.
- Casagrande, A. (1948). Classification and identification of soils. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 113, 901-930.
- Das, B. M. (2015). *Principles of foundation engineering*. Cengage Learning.
- Deere, D. U., & Miller, R. P. (1996). Engineering classification and index properties of intact rock. Technical Report No. AFWL-TR-65-116, Air Force Weapons Laboratory, Kirkland Air Force Base, New Mexico.
- Dinoy, E., et al. (2020). Analisis rekahan batuan pada uji kuat tekan uniaksial. *Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*, 2.
- Dirdanloo, I. (2015). Ground rippability classification by decision trees. *Transactions of the Society for Mining, Metallurgy & Exploration*, 338. Missouri University, USA.
- Fitriani, Toha, & Bochori. (2015). Kajian teknis pengaruh fragmentasi terhadap digging time excavator PC 2000 pada peledakan interburden B2C di tambang Air Laya, PT Bukit Asam (Persero), Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Universitas Sriwijaya*.
- Frederick, W. (1960). *The elements of research*. Prentice-Hall.
- Head, K. H. (1982). *Manual of soil laboratory testing (Vol. 2)*. John Willey and Sons.
- Herman, Hasan, & Trides. (2016). Analisis kemampuan massa batuan berdasarkan metode rock mass rating pit S22gsb1 PT Kitadin Embalut Site Tenggara Seberang, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral*, 4(1), Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Hoek, E. (1994). Strength of rock mass and rock masses. *ISRM News Journal*, 2(2), 4-16.
- Hoek, E. (2007). *Practical rock engineering*. Rocscience. Evert Hoek Consulting Engineer Inc.
- Hoek, E., & Marinos, P. (2000). GSI: A geologically friendly tool for rock mass strength estimation. *Proceedings of the International Conference on Geotechnical & Geological Engineering GeoEng2000*, 1422-1442. Melbourne: Technomic Publ.
- Hoek, E., Marinos, P., & Benissi, M. (1998). Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses: The case of the Athens Schist Formation. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 151.
- Ismail, et al. (2018). Rippability assessment of weathered sedimentary rock mass using seismic refraction methods. *IOP Conference Series: Journal of Physics: Conference Series*, 995. Malaysia.
- James, D., et al. (2014). A rock excavatability assessment for a basement excavation. Coffey Geotechnics Inc., Toronto, Ontario, Canada.
- Jasipto, et al. (2021). Analisis kemampuan dan kemampuan material pit B tambang emas Kabupaten Aceh Tengah. *Jurnal Science, Technology, and Virtua Culture*, 1(3). Itera, Lampung.
- Kurniawan, Heriyadi. (2017). Analisis metode penggalan batuan berdasarkan kriteria indeks kekuatan batu (Franklin) di site penambangan batu dolomite PT. Bakapindo. *Jurnal Bina Tambang*, 3(3). Universitas Negeri Padang.
- Leba, P. L., et al. (2020). Analisis pengaruh kuat tekan batu andesit terhadap model dan arah rekahan. *Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*, 2.
- Magreth, et al. (2018). Effects of fragmentation size distribution on truck-shovel productivity. *MOL Report Nine*, University of Alberta, Canada.
- Nabar, Darmansyah. (1998). *Diktat kuliah pemindahan tanah mekanis*. Universitas Sriwijaya.
- Nadapdap, et al. (2020). Pengaruh digging time alat gali muat terhadap fragmentasi hasil peledakan batubara. *Prosiding Seminar Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat*, Universitas Bangka Belitung, Kep. Bangka Belitung.
- Nikolaos, C., et al. (2017). Excavatability of rock masses in tunneling. *7th International Symposium on Tunnels and Underground Structures in SEE*, Zagreb, Croatia.

- Pebrianto, et al. (2014). Evaluation of factors affecting ripping productivity in open pit mining excavation. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 19. Sriwijaya University, Indonesia.
- Rian, et al. (2021). Evaluasi geometri peledakan overburden terhadap digging time alat gali PT Artamulia Tatapratama Jobsite Kuansing Inti Makmur Kabupaten Bung. *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan*, 2(2). Universitas Jambi, Jambi.
- Riduwan. (2003). *Skala pengukuran variabel-variabel penelitian*. Alfabeta.
- S. Ozmutlu, et al. (1998). Excavatability evaluation and classification with a knowledge-based GIS. 8th International AEG Congress/ Beme Congres International de AIGI, Netherlands.
- Sanchidrián, et al. (2008). On loader productivity, rock strength, and explosive energy in metal mining. *Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Minas Ríos Rosas 21, 28003 Madrid, Spain*.
- Sasaoka, T., Takahashi, Y., Sugeng, W., & Hamanaka, A. (2015). Effects of rock mass conditions and blasting standard on fragmentation size at limestone quarries. *Japan*, 2015(May), 331–339.
- Sebastian, Toha, & Bochori. (2018). Analisis metode ripping untuk mengoptimalkan fragmentasi batubara dalam rangka meningkatkan produktivitas excavator backhoe di tambang Banko Barat PT Bukit Asam (Persero), Tbk. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 2(3). Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Sitompul, N., et al. (1992). Effect of sea level drops during late Early Miocene to the reservoirs in South Palembang Sub Basin, South Sumatera, Indonesia. *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association, 21st Annual Convention*, 309-324.
- Sugiyono. (2015). *Metode penelitian kombinasi (Mix Methods)*. Alfabeta.
- Toha, Juniah, & Maulana. (2022). Optimalisasi pemberaian overburden dengan metode ripping dan peledakan di Banko Barat PT Bukit Asam Tbk. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 18(1).
- Triheriyadi, & Rahman. (2016). Studi rekomendasi penggalian ditinjau dari struktur bidang lemah dan kekuatan batuan lava andesit di daerah Girimulyo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Technoscintia*, 9(1). Yogyakarta.
- Trpimir, et al. (2021). Influence of crushed rock properties on the productivity of a hydraulic excavator. *Applied Science MDPI*. Bassel, Switzerland.
- Wibowo. (2019). Evaluasi kondisi geologi teknik dan analisis kestabilan ekskavasi terowongan air Nanjung, Provinsi Jawa Barat. Universitas Gajah Mada.