



Analisis Kemampugaruan dan Kemampugalian Batuan Peridotit Kabupaten Morowali Utara, Provinsi Sulawesi Tengah

Amritzal Nur Firdaus¹✉, Isman Saleh¹, Iswandi Utama²

¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia

²Independent Geologist, Makassar, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: March 17, 2025

Accepted: July 20, 2025

Published: July 30, 2025

Keywords:

kemampugaruan
kemampugalian
spasi kekar
metode penambangan
peridotit

Corresponding author:

Amritzal Nur Firdaus

Email: nuramritzal@uho.ac.id

Read online:



Scan this QR code
with your
smartphone or
mobile device to read
online.

Copyright © 2025 Authors



This work is
licensed under
a Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0 International
License.

ABSTRAK

Pada tambang nikel laterit batuan peridotit tidak hanya sebagai sumber utama nikel laterit, tetapi juga memegang peran penting dalam hal desain lereng dan pembangunan infrastruktur di wilayah pertambangan, seperti pembukaan akses jalan tambang. Selain itu, batuan peridotit yang tidak bernilai ekonomis dapat dimanfaatkan sebagai material timbunan atau bahan baku konstruksi jika memenuhi kriteria teknis tertentu. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kemampugalian dan kemampugaruan dari batuan peridotit pada daerah penelitian untuk menentukan metode penggalian yang paling efektif. Analisis dilakukan dengan menggunakan data spasi kekar dan kekuatan batuan yang diperoleh melalui pengukuran bidang discontinuitas massa batuan dengan menggunakan survey garis pindai dan uji kuat tekan uniaksial (UCS) serta uji beban titik (*point load index*). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa batuan di wilayah penelitian dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama berdasarkan spasi kekar dan kekuatan batuan yaitu: *easy ripping*, *hard ripping*, dan *very hard ripping*. Berdasarkan hasil analisis, penggunaan alat berat yang direkomendasikan adalah jenis bulldozer dengan kode D7G dan D8K yang sesuai dengan kategori kemampugalian batuan yang ditemukan di lokasi penelitian. Batuan dengan nilai kekuatan tinggi menunjukkan kemampugaruan yang tinggi, yang dapat menyebabkan keausan alat berat lebih cepat. Oleh karena itu, diperlukan pemilihan alat berat yang tahan aus serta perencanaan perawatan yang lebih intensif untuk meningkatkan efisiensi pada daerah penelitian.

ABSTRACT

*In lateritic nickel mining, peridotite rock serves not only as the primary source of nickel laterite but also plays a crucial role in slope design and the development of mining infrastructure, such as the construction of mine roads. Additionally, economically non-viable peridotite can be repurposed as fill material or construction raw material if it meets specific technical criteria. This study aims to analyze the ripperability and abrasiveness of peridotite rock in the research area to determine the most effective excavation method. The analysis was conducted using joint spacing data and rock strength obtained through measurements of rock mass discontinuities using the scanline survey, uniaxial compressive strength (UCS) tests, and point load tests. The findings indicate that the rock in the study area can be classified into three main categories based on joint spacing and strength: *easy ripping*, *hard ripping*, and *very hard ripping*. Based on the analysis, the recommended heavy equipment includes Bulldozer models D7G and D8K, which are suitable for the rock ripperability categories identified at the site. Rocks with high strength values exhibit high abrasiveness, leading to accelerated wear on heavy machinery. Therefore, selecting wear-resistant equipment and implementing more intensive maintenance planning are essential to improving operational efficiency in the study area.*

How to cite: Firdaus, A. N., Saleh, I., dan Utama, I. (2025). Analisis Kemampugaruan dan Kemampugalian Batuan Peridotit Kabupaten Morowali Utara, Provinsi Sulawesi Tengah. *OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan*, 7(1), pp. 43-48. <https://doi.org/10.56099/ophi.v7i1.p43-48>

1 Pendahuluan

Pada tambang nikel laterit batuan peridotit tidak hanya sebagai sumber utama nikel laterit, tetapi juga memegang peran penting dalam hal desain lereng, pembangunan infrastruktur, dan pembukaan akses jalan tambang. Selain itu, batuan peridotit yang tidak bernilai ekonomis dapat dimanfaatkan sebagai material timbunan atau bahan baku konstruksi jika memenuhi kriteria teknis tertentu (Cobîrzan dkk., 2022).

Penggunaan alat berat dan mesin penambangan, seperti ripper-dozer, sangat dipengaruhi oleh sifat batuan yang dihadapi. Batuan dengan kemampugalian rendah (keras) membutuhkan energi dan waktu yang lebih besar untuk digali atau dihancurkan, sementara batuan dengan kemampugaruan tinggi dapat menyebabkan keausan yang cepat pada mata bor, pahat, atau gigi dari alat berat. Keausan alat yang berlebihan tidak hanya meningkatkan biaya penggantian dan perawatan, tetapi juga dapat menyebabkan penundaan operasional penambangan yang signifikan (Kesimal dkk., 2018). Waktu dan biaya yang terkait dengan penggantian alat yang aus dapat mencapai hingga sepertiga dari total biaya dan waktu proyek dari penambangan (Wen dan Huang, 2002; Su dkk., 2010).

Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang kemampugalian dan kemampugaruan dari batuan menjadi sangat penting dilakukan untuk merencanakan operasi penambangan yang lebih efisien dan ekonomis. Penelitian tentang kedua parameter ini telah dilakukan dengan berbagai pendekatan, baik melalui analisis mekanis maupun empiris. Misalnya, beberapa penelitian menggunakan parameter seperti Uniaxial Compressive Strength (UCS), Cerchar Abrasivity Index (CAI), dan Rock Abrasivity Index (RAI) untuk memprediksi keausan alat dan kinerja penambangan (Wijk, 1992; Wang dkk., 2012; Gurocak dan Yalcin, 2016; Dagdaelstein, 2021).

Namun, tantangan utama dalam penelitian ini adalah variabilitas sifat batuan yang tinggi, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tipe litologi, struktur geologi, dan kondisi lingkungan tropis yang menyebabkan batuan menjadi mudah lapuk. Oleh karena itu, diperlukan beberapa pendekatan yang lebih komprehensif dan akurat untuk memprediksi kemampugalian dan kemampugaruan batuan, terutama dalam menghadapi kondisi geologi yang kompleks. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi operasi penambangan dan mengurangi biaya, sehingga dapat mendukung keberlanjutan industri pertambangan secara keseluruhan.

2 Geologi daerah penelitian

Kenampakan bentangalam suatu daerah merupakan hasil dari proses-proses geomorfologi yang terjadi. Bentangalam tersebut memiliki bentuk yang bervariasi dan dapat diklasifikasikan berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Faktor-faktor tersebut meliputi proses, stadia, jenis litologi serta pengaruh struktur geologi atau tektonik yang bekerja (Thornbury, 1969). Pendekatan bentuk morfologi didasarkan atas bentuk yang tampak di lapangan, sehingga dapat dibedakan antara pedataran, perbukitan, dan pegunungan. Pada pendekatan ini juga diperhatikan bentuk-bentuk lereng, tebing, dan lembah dari suatu perbukitan atau pegunungan. Bentangalam lokasi daerah penelitian termasuk perbukitan bergelombang (Gambar 1). Klasifikasi bentangalam berdasarkan pendekatan parametris yaitu presentase kemiringan lereng dan beda tinggi, dikemukakan oleh Bermiana (2006) yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi relief berdasarkan pada besar sudut lereng dan beda tinggi (Bermiana, 2006)

Satuan Relief	Sudut Lereng	Beda Tinggi
Datar atau Hampir Datar	0 % - 2 %	< 5 m
Bergelombang/Miring Landai	3 % - 7 %	5 m - 50 m
Bergelombang/Miring Berbukit	8 % - 13 % 14 % - 20 %	25 m - 75 m 50 m - 200 m
bergelombang / Miring		
Berbukit tersayat tajam / Terjal	21 % - 55 %	200 m - 500 m
Pegunungan tersayat tajam/ sangat terjal	56 % - 140 %	500 m - 1000 m
Pegunungan / Sangat Curam	> 140 %	> 1000 m



Gambar 1 Kenampakan satuan geomorfologi perbukitan bergelombang

Satuan peridotit dijumpai di seluruh daerah penelitian (Gambar 2). Satuan ini beranggotakan peridotit yang telah mengalami laterisasi. Kenampakan peridotit dalam keadaan segar berwarna hijau gelap, lapuk berwarna coklat kemerahan, komposisi mineral piroksen, olivin, dan serpentin, tekstur faneritik, sebagian terekahkan dan

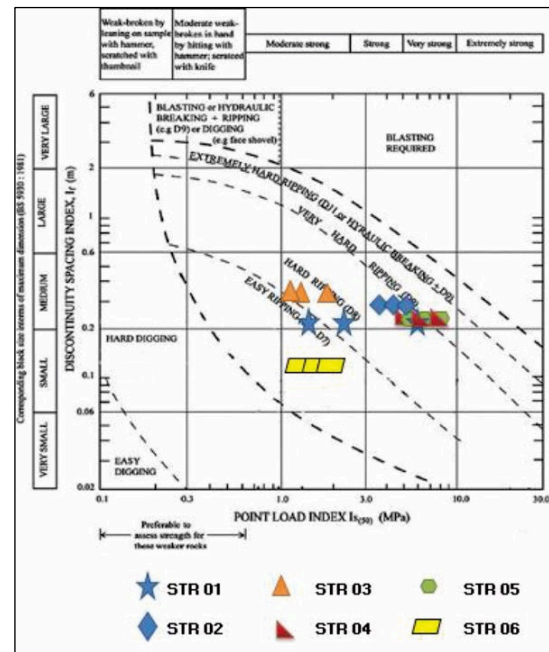
3 Metode Penelitian



tersebut disebabkan oleh melemahnya ikatan antar mineral, bertambahnya porositas dan retakan-retakan mikro pada batuan (Firdaus dkk., 2021). Semakin rapat bidang diskontinuitas batuan maka pelapukan akan sangat gampang terjadi karena pelapukan dimulai pada bidang diskontinuitas batuan (Irfan dan Dearman, 1978).

4.3 Analisis Kemampugalian

Analisis kemampugalian menggunakan parameter spasi kekar (m) dan kekuatan batuan (MPa) yang mengacu kepada kriteria Pettifer dan Fokes (1994) yaitu menggunakan nilai spasi rata-rata kekar yang diperoleh pada pengukuran bidang diskontinuitas massa batuan dan hasil analisa kekuatan batuan dengan menggunakan uji kuat tekan uniaksial (UCS) dan uji beban titik batuan (Tabel 2) yang menunjukkan bahwa metode penambangan pada daerah penelitian dalam kemampugaruan dan kemampugalian batuan yang direkomendasikan adalah metode *hard ripping* dan *easy ripping* (Gambar 5).



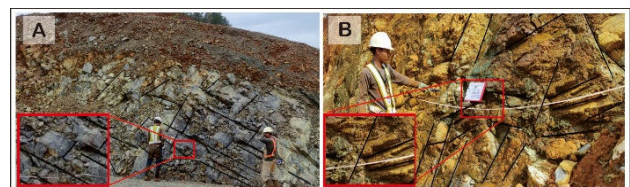
Gambar 5 Analisis kemampugaruan material batuan pada daerah penelitian (Pettifer dan Fookes, 1994)

Tabel 2 Penentuan tipe kemampugaruan peridotit berdasarkan spasi kekar, UCS, dan nilai Point Load Index (PLI)

Kode	Litologi	Spasi Kekar (m)	UCS (Mpa)	PLI $I_{s(50)}$	Kemampugaruan
STR 1 Test 1	Peridotit	0,280	145	6.042	<i>Easy Ripping</i>
STR 1 Test 2	Peridotit	0,280	55	2.292	<i>Hard Ripping</i>
STR 1 Test 3	Peridotit	0,280	60	2.500	<i>Hard Ripping</i>
STR 2 Test 1	Peridotit	0.25	100	4.17	<i>Hard Ripping</i>
STR 2 Test 2	Peridotit	0.25	125	5.21	<i>Hard Ripping</i>
STR 2 Test 3	Peridotit	0.25	80	3.33	<i>Hard Ripping</i>
STR 3 Test 1	Peridotit	0.33	27	1.13	<i>Easy Ripping</i>
STR 3 Test 2	Peridotit	0.33	45	1.88	<i>Hard Ripping</i>
STR 3 Test 3	Peridotit	0.33	30	1.25	<i>Hard Ripping</i>
STR 4 Test 1	Peridotit	0.27	175	7.29	<i>Hard Ripping</i>
STR 4 Test 2	Peridotit	0.27	110	4.58	<i>Hard Ripping</i>
STR 4 Test 3	Peridotit	0.27	125	5.21	<i>Very Hard Ripping</i>
STR 5 Test 1	Peridotit	0.210	125	5.208	<i>Hard Ripping</i>
STR 5 Test 2	Peridotit	0.210	130	5.417	<i>Hard Ripping</i>
STR 5 Test 3	Peridotit	0.210	200	8.333	<i>Very Hard Ripping</i>
STR 6 Test 1	Peridotit	0.130	60	2.500	<i>Easy Ripping</i>
STR 6 Test 2	Peridotit	0.130	35	1.458	<i>Easy Ripping</i>
STR 6 Test 3	Peridotit	0.130	45	1.875	<i>Easy Ripping</i>

Dari hasil analisis kemampugalian pada daerah penelitian yang mengacu pada klasifikasi Pettifer dan Fokes (1994), metode penggalian yang digunakan adalah *hard ripping*, *easy ripping*, dan *very hard ripping* dengan rekomendasi alat dengan kode alat D7G dan D8K (Tabel 3). Penyebab terjadinya berbagai tipe ekskavasi pada daerah penelitian disebabkan oleh 2 faktor utama yaitu kekuatan batuan dan spasi kekar (Gambar 6). Semakin tinggi kekuatan batuan maka batuan akan cenderung lebih sulit untuk digali dan semakin rapat struktur kekar dalam batuan akan lebih mudah untuk melakukan penggalian karena struktur

kekar merupakan bidang lemah dalam massa batuan yang mempercepat proses perusakan dan penggalian.



Gambar 6 A) Kenampakan singkapan peridotit dengan kemampugalian *very hard ripping*. B) Peridotit dengan kemampugalian *hard ripping*

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kemampugalian dan kemampugaruan batuan pada daerah penelitian menunjukkan bahwa batuan peridotit di daerah penelitian dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama yaitu: *easy ripping*, terdapat pada lokasi STR 1 (Test 1), STR 3 (Test 1), dan STR 6 (semua pengujian); *hard ripping*, terdapat pada lokasi STR 1 (Test 2 dan 3), STR 2 (semua pengujian), STR 3 (Test 2 dan 3), STR 4 (Test 1 dan 2), dan STR 5 (Test 1 dan 2);

very hard ripping, terdapat pada lokasi STR 4 (Test 3) dan STR 5 (Test 3). Untuk operasi penggalian, direkomendasikan penggunaan alat berat Bulldozer dengan kode D7G dan D8K yang sesuai dengan kategori kemampugalian batuan peridotit. Batuan dengan nilai UCS tinggi (STR 4 Test 3 dan STR 5 Test 3) menunjukkan kemampugaruan yang tinggi, yang dapat menyebabkan keausan alat berat lebih cepat. Oleh karena itu, diperlukan pemilihan material alat yang tahan aus dan perencanaan perawatan yang lebih intensif.

Tabel 3 Jenis alat yang sesuai dengan analisis kemampugalian pada peridotit daerah penelitian (Caterpillar, 2019)

Material	Class	Excavation class boundaries	Description of Excavability	Buldozer characteristics					Backhoe characteristics				Stasiun
				Type	Operati ng mass (Kg)	Flywheel power (Kw)	Drawbar Pull (Kn)		Type	Operating mass (Kg)	Flywheel power (Kw)	Max draw bar pull (Kn)	
							Stalling speed	1.6 Km/h					
Soil/ Detritus	1	Less than 0.01	Hand spade	D3	6340	46	151	65					
	2	0,01- 0,0999	Hand pick and spade	D4E/ D5B	8820/ 11700	sens	165/202	n1110	Cat 2152	17282	63	132	
	3	0,1-0,999	Power tools	D6D	14270	104	250	147	Cat 225	23405	101	163	
Rock	4	1 - 9,99	Easy ripping	D7G	20230	149	376	220	Cat 235	38297	145	263	STR 6
	5	10 - 99,9	Hard ripping	D8K	31980	224	500	323	Cat 245	59330	242	472	STR 1, STR 2, STR 3 dan STR 4
	6	100 - 999	Very hard ripping	D9H	42780	306	667	445	RH 40	83200	360	-	STR 5
	7	1000 - 9.999	Extremely hard ripping /blasting	D10	77870	522	1230	778	-	-	-	-	
	8	Larger than 10.000	Blasting										

Referensi

- Bermana, I. 2006. Klasifikasi geomorfologi untuk pemetaan geologi yang telah dibakukan, Bulletin of Scientific Contribution, 4(2), pp. 161-173.
- Badan Informasi Geospasial. 2014. Digital Elevation Model Nasional. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>
- Bieniawski, Z. T. & Bernede, M. J. 1979. Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 16(2), pp. 138-140. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(79\)91451-7](https://doi.org/10.1016/0148-9062(79)91451-7)
- Caterpillar. 2019. Caterpillar Performance Handbook. 49th ed. USA: Caterpillar Ltd.
- Cobîrzan, N., Muntean, R., Thalmaier, G., & Felseghi, R.A. 2022. Recycling of Mining Waste in the Production of Masonry Units. Materials, 15(2), pp. 594. <https://doi.org/10.3390/ma15020594>
- Dagdelenler, G. 2021. Comparison of the efficiency evaluations of selected excavatability classifications for rock masses. Arabian Journal of Geosciences, 14(13), pp. 1281. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07553-x>
- Fookes, P.G., Dearman, W.R. & Franklin, J.A. 1971. Some engineering aspects of rock weathering with field examples from Dartmoor and elsewhere. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 4(3), pp. 139-185. <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1971.004.03.01>

- Firdaus, A.N., Indrawan, G.B. & Wamnada, V.W. 2021. Characteristic of rock masses and the influence of weathering on engineering properties of andesite breccia. AIP Conference Proceedings, 2383(1), pp. 040021. <https://doi.org/10.1063/5.0061094>
- Gurocak, Z. & Yalcin, E. 2016. Excavatability and the effect of weathering degree on the excavatability of rock masses: An example from Eastern Turkey. Journal of African Earth Sciences, 118, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.02.017>
- Irfan, T.Y. & Dearman, W.R. 1978. Engineering classification and index properties of a weathered granite, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 17, pp. 79-90. <https://doi.org/10.1007/BF02634696>
- Kesimal, A., Karaman, K., Cihangir, F., & Ercikdi, B. 2018. Excavatability Assessment of Rock Masses for Geotechnical Studies. In N. Ceryan (Ed.), Handbook of Research on Trends and Digital Advances in Engineering Geology. pp. 231-256. IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2709-1.ch006>
- Priest, S. D. & Hudson, J. A. 1976. Discontinuity spacings in rock. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 13(5), pp. 135-148. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(76\)90818-4](https://doi.org/10.1016/0148-9062(76)90818-4)
- Pettifer, G. S. & Fookes, P. G. 1994. A revision of the graphical method for assessing the excavatability of rock. Quarterly Journal of Engineering Geology, 27(2), pp. 145-164. <https://doi.org/10.1144/gsl.Qjagh.1994.027.P2.05>
- Su, P.C., Wang, W.S., Huo, J.H. & Li, Z. 2010. Optimal layout design of cutters on tunnel boring machine, Journal of Northeastern University, 31(6), pp. 877-881.
- Surono & Hartono, U. 2013. Geologi Sulawesi (1 ed.). Jakarta, LIPI Press.
- Thornbury, W. D. 1989. Principle of Geomorphology. London, Prentice Hall India Privated Limited.
- Wen, S. & Huang, P. 2017. Principles of Tribology. 2nd ed. Beijing. Tsinghua University Press. <https://doi.org/10.1002/9781119214908>
- Wijk, G. 1992. A model of tunnel boring machine performance, Geotechnical and Geological Engineering, 10, pp. 19-40. <https://doi.org/10.1007/BF00881969>
- Wang, R., Wang, Y., Li, J., Jing, L., Zhao, G. & Nie, L. 2020. A TBM cutter life prediction method based on rock mass classification, KSCE Journal of Civil Engineering, 24(9), pp. 2794-2807. <https://doi.org/10.1007/s12205-020-1511-2>