

STUDI REKOMENDASI METODE PENGGALIAN BERDASARKAN PENDEKATAN KRITERIA PETTIFER DAN FOOKES 1994 PADA PERENCANAAN RUAS JALAN TRANS PAPUA WASIOR-NABIRE

Arif Setiawan¹, Sampary William Wakum^{2*}, Ismiyati³, Louis Hermanus Lamma⁴

1), 2*), 3), 4) Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Universitas Papua
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari

Tlp/Fax: (0986) 215661/ (0986) 214739

(*) Penulis korespondensi: samparyw@gmail.com

Received : Juni 2022; Accepted: Mei 2023; Published : Mei 2023

Abstract

The road is one of the traffic infrastructures for driving which supports all community activities. One of the stages of road construction is land clearing, in which one of the activities is eviction or excavation. The road construction location is the Trans Papua Wasior-Nabire road, Yamor District, Kaimana Regency, West Papua Province. However, the problem in this study is whether the excavation method is suitable for excavating material for road construction. Based on these problems, the purpose of this study is to recommend a method of excavation on the Trans Papua Wasior-Nabire road section. The method used is the Pettifer and Fookes (1994) criterion approach to determine the capability method. The results obtained with this approach indicate that the KM 501+500 excavation site is included in the level of easy digging capability or enters into a condition that is easy to dig. At the KM 502+100 excavation site, it is included in the hard digging capability level or a category that is difficult to dig because of the condition of the material which is difficult to dig, so the recommendation given is to use heavy equipment, namely a hydraulic excavator (backhoe) or a power shovel.

Keywords: *Excavation Method, Pettifer and Fookes Criteria, Land clearing..*

Abstrak

Jalan merupakan salah satu prasarana lalu lintas untuk berkendara yang menjadi penunjang semua aktivitas masyarakat. Salah satu tahapan pengerjaan jalan adalah pembersihan lahan yang mana salah satu kegiatan adalah penggusuran maupun penggalian. Lokasi pembangunan jalan adalah jalan Trans Papua Wasior-Nabire, Distrik Yamor, Kabupaten Kaimana, Provinsi Papua Barat. Namun masalah dalam penelitian ini adalah metode penggalian apakah yang cocok menggali material untuk pembangunan jalan. Berdasarkan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah merekomendasikan metode penggalian di ruas jalan Trans Papua Wasior-Nabire. Metode yang digunakan adalah pendekatan kriteria Pettifer dan Fookes (1994) untuk menentukan metode kemampugalian. Hasil yang diperoleh dengan pendekatan tersebut menunjukkan bahwa pada lokasi penggalian KM 501+500 adalah masuk dalam tingkat kemampugalian *easy digging* atau masuk ke dalam kondisi mudah untuk digali. Pada lokasi penggalian KM 502+100 adalah masuk dalam tingkat kemampugalian *hard digging* atau kategori yang sulit untuk digali karena kondisi material yang sulit digali, maka rekomendasi yang diberikan adalah dengan menggunakan alat berat yaitu *hydraulic excavator* (backhoe) atau *power shovel*.

Kata kunci: *Metode Penggalian, Kriteria Pettifer dan Fookes, Pembersihan lahan*

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana lalu lintas untuk berkendara yang menjadi penunjang semua aktivitas masyarakat. Jalan berguna untuk mengurangi atau meminimalkan kesenjangan antar wilayah, memantapkan ketahanan dan keamanan

nasional, mendistribusikan barang dan jasa sehingga terjadi pemerataan hasil pembangunan yang berperan dalam mengembangkan suatu wilayah. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan suatu pembangunan jalan.

Dalam membangun jalan terdapat beberapa tahapan diantaranya adalah pembersihan lahan atau yang dikenal dengan *land clearing*. *Land clearing* adalah suatu cara yang dilakukan dalam membuka suatu lahan dengan membersihkan dan penyiapan sebelum lahan tersebut digunakan untuk pertambangan, pembangunan prasarana atau infrastruktur, perkebunan, maupun pertanian (Sagita & Pramana, 2022). Pekerjaan tersebut antara lain menggali akar tanaman, penebangan pepohonan, dan pembersihan semak belukar. Namun pekerjaan pembersihan lahan tidak hanya untuk tumbuh-tumbuhan, tetapi bongkahan batuan. Bongkahan batuan tersebut dapat mengganggu pelaksanaan pembangunan jalan sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Oleh sebab itu, bongkahan tersebut perlu dipindahkan atau diberaiakan menggunakan alat berat yang sesuai sehingga lamanya waktu yang dibutuhkan dapat dikurangi atau diminimalkan menggunakan alat berat. Alat berat adalah benda yang digunakan manusia untuk mengerjakan suatu pekerjaan dengan tujuan untuk memudahkan sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan waktu yang singkat (Prima & Hafudiansyah, 2022). Berdasarkan hal tersebut timbul masalah yaitu metode apa yang digunakan untuk melakukan penggalian untuk mendukung pembangunan jalan. Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merekomendasikan metode penggalian yang digunakan.

Dalam pemilihan alat berat yang sesuai dengan kondisi/ keadaan di lapangan, penelitian ini menggunakan pendekatan yang dikemukakan oleh Pettifer dan Fookes. Pettifer dan Fookes menciptakan bagan untuk mengkategorikan kemampuan alat terhadap batuan seperti yang terlihat pada gambar 1. Kemampuan alat adalah suatu ukuran digunakan dalam pemindahan tanah mekanis terkait apakah suatu material dapat digali yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan tingkat kemudahan penggalian (Kurniawan & Heriyadi, 2018). Untuk menggunakan bagan tersebut, data yang digunakan terdiri dari dua yaitu hasil uji laboratorium *Point load Strength Index* atau *Unconfined Compressive Streangth* (UCS), dan spasi bidang diskontinu. Kekuatan batuan utuh umumnya dinyatakan dengan parameter *Unconfined Compressive Streangth* (UCS) (Hasanah, Hakim, Santoso, & Melati, 2019). UCS adalah kekuatan batuan utuh yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratotium yang dinyatakan dalam satuan Megapascal (Mpa) (Adriansyah, Krisnantara, & Setiadi, 2021). UCS ini juga dikenal dengan Kuat tekan uniaksial. Kuat tekan uniaksial adalah gambaran dari nilai tegangan maksimum yang dapat ditanggung sebuah sampel batuan sesaat sebelum sampel tersebut hancur atau runtuh (*failure*) tanpa adanya pengaruh dari tegangan pemampatan (Syarif, Nurhakim, & Hakim, 2020).

Selain UCS, penentuan kuat tekan batuan dapat diperkirakan dengan pendekatan *Point load*

Strength Index atau *Point load Index* (PLI). PLI adalah uji indeks yang digunakan untuk memprediksi nilai UCS pada batuan secara tidak langsung di lapangan (Nata & Sabri, 2020). Kekuatan batuan merupakan perilaku batuan atau sifat mekanik batuan telah banyak digunakan di bidang keteknikan baik pertambangan dan sipil (Dewi, Oktaviani, Devi, Trides, & Nugroho, 2022).

Gambar 1. Menjelaskan bahwa selain menggunakan informasi dari kekuatan batuan, dibutuhkan informasi terkait spasi diskontinuitas pada massa batuan. Terdapat beberapa definisi terkait spasi/jarak diskontinuitas. Kata “diskontinuitas” merujuk pada setiap pemisahan dalam rangkaian batuan yang memiliki kekuatan tarik efektif (*tensile strength*) nol (Hudson & Harrison, 1997). Diskontinuitas didefinisikan sebagai bidang lemah dari suatu massa batuan dengan nilai kuat tarik (*tensile strength*) yang sangat kecil atau bahkan tidak memiliki nilai kuat tarik (Bell, 2007). Spasi diskontinuitas adalah jarak antara bidang lemah dengan arah tegak lurus terhadap bidang lemah tersebut (Beniawski, 1989 dalam Wibowo, 2019). Spasi diskontinuitas atau kekar adalah jarak tegak lurus antar kekar yang harus diukur disepanjang garis bentangan pada singkapan massa batuan (Rai, Kramadibrata, & Wattimena, 2014). Nilai spasi bidang diskontinuitas merupakan jarak tegak lurus antara kedua bidang dan harus diukur pada setiap kelompok bidang diskontinuitas (Singh dan Goel dalam (Rusydy, Al-Huda, Fahmi, & Effendi, 2020).

Dari beberapa pendapat tersebut dapat disimpulkan spasi diskontinuitas adalah jarak tegak lurus pada bidang lemah yang memiliki kuat Tarik (*tensile strenght*) kecil atau nol. Diskontinuitas dapat menjadi satu-satunya faktor terpenting yang mengatur deformasi, kekuatan, dan permeabilitas massa batuan (Hudson & Harrison, 1997). Selain itu, diskontinuitas yang sangat besar dan terus-menerus dapat secara kritis memengaruhi stabilitas penggalian permukaan maupun bawah tanah (Hudson & Harrison, 1997). Sedangkan massa batuan sendiri merupakan sebuah susunan blok-blok batuan yang memiliki banyak bidang diskontinuitas dan struktur geologi di dalamnya seperti bidang perlapisan (*bedding*), bidang patahan (*fault*), Bidang rekahan (*joint*), dan lipatan (*folding*). (Rusydy, Al-Huda, Fahmi, & Effendi, 2020). Umumnya bidang diskontinuitas dari massa batuan dapat dilihat pada gambar 2.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan terdiri dari pengamatan langsung di lapangan dan Studi Pustaka. Pengamatan langsung di lapangan berupa deskripsi batuan dan pengukuran struktur massa batuan atau kondisi bidang diskontinuitas menggunakan metode *Scanline*. *Scanline* adalah suatu garis pada permukaan batuan yang digunakan untuk mengukur

semua rekahan yang berpotongan dengan garis tersebut (Brady & Brown, 2004).

Jika melihat Gambar 1, terdapat nilai kuat tekan batuan, spasi diskontinuitas, sehingga memperoleh metode penggalian dan pertimbangan tipe dari alat berat. Persyaratan teknik seperti indeks spasi diskontinuitas (I_f), indeks kekuatan *point load* (I_s , 50) dapat diperoleh dari pengamatan di lapangan dan hasil uji laboratorium. Persamaan yang digunakan untuk memperkirakan Indeks Spasi Diskontinuitas adalah:

$$I_f = \frac{3}{J_v} \quad (1)$$

$$J_v = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} \quad (2)$$

Dimana I_f (Index Fracture) adalah Indeks spasi diskontinuitas, J_v adalah Jumlah dari *volumetric joint*, dan S_1 , S_2 , S_3 adalah spasi diskontinuitas dari *joint set*.

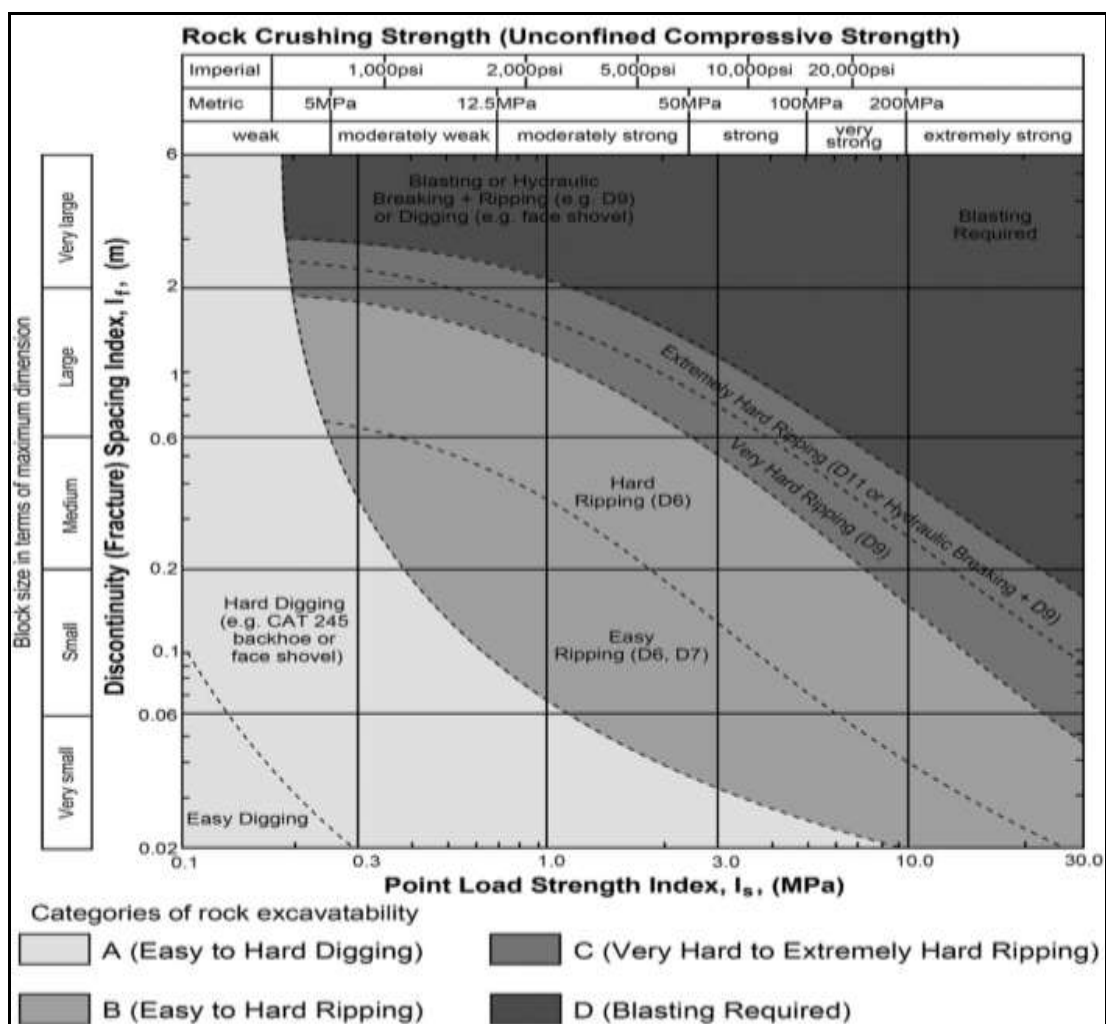
Penjelasan terkait S_1 , S_2 , dan S_3 dapat dilihat pada Gambar 3. Untuk nilai PLI dapat dikonversi menggunakan persamaan 3 untuk memperkirakan nilai UCS pada batuan. Persamaan 3 merupakan

persamaan yang dikeluarkan *International Society For Rock Mechanics and Rock Engineering* (ISRM) tahun 1985.

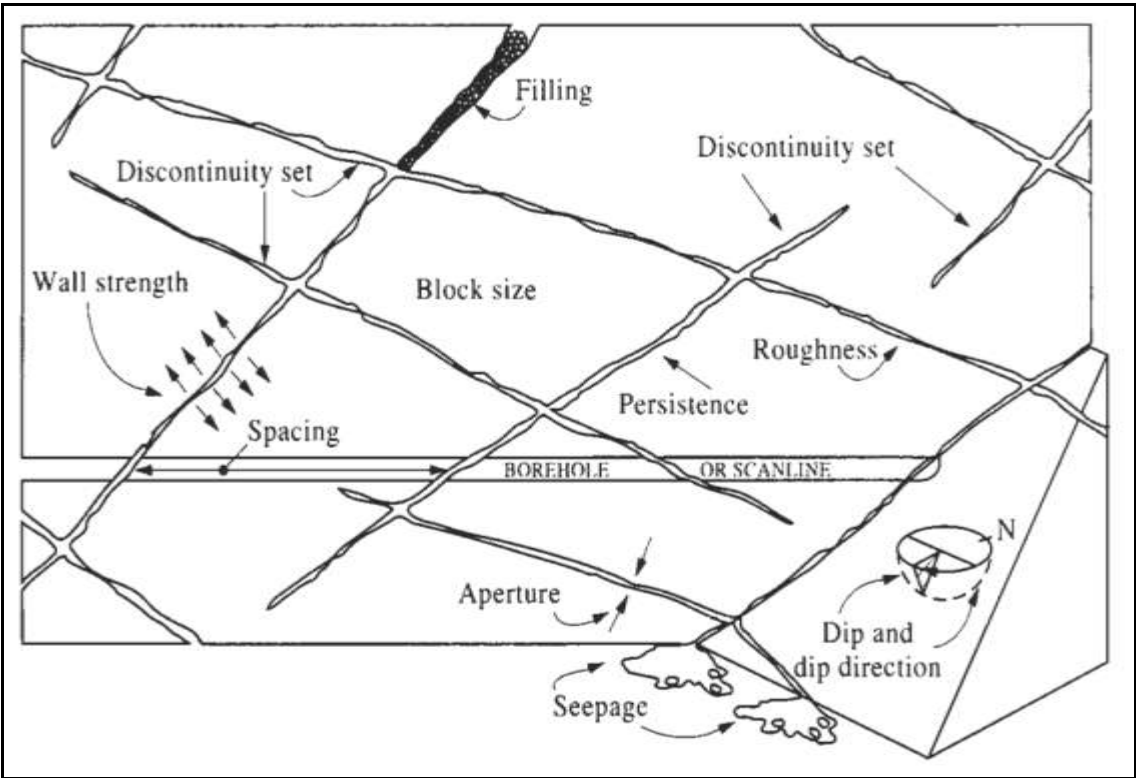
$$UCS = 20-25 \text{ PLI} \quad (3)$$

Untuk meminimalkan biaya pengujian di laboratorium dalam menentukan nilai *Point load Strength Index* atau *Unconfined Compressive Streangth* (UCS), penelitian ini menggunakan pendekatan yang dikemukakan oleh Hoek dan Brown (1998) untuk melihat nilai estimasi *Unconfined Compressive Streangth* (UCS) di lapangan untuk batuan utuh seperti yang terlihat pada tabel 1 (Wibowo, 2019). Caranya adalah mendiskripsikan batuan yang ditemukan di lapangan yang dikorelasikan dengan nilai estimasi tersebut (tabel 1).

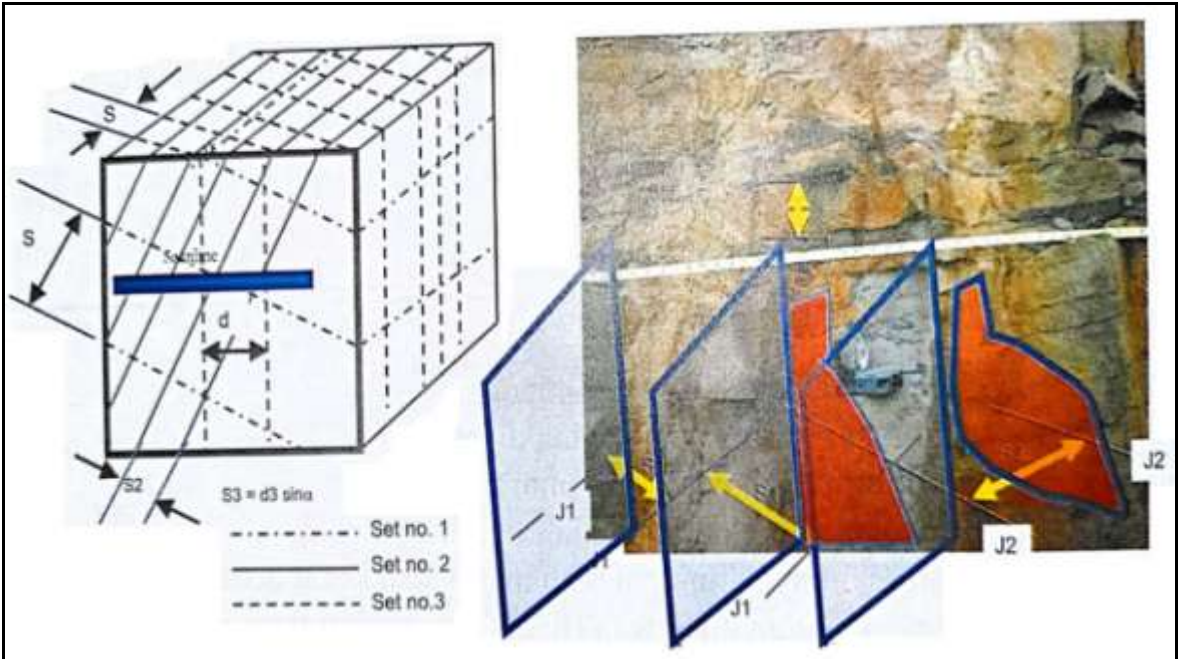
Hasil korelasi antara deskripsi batuan di lapangan dengan tabel 1 akan di plot ke dalam Gambar 1. Hasil korelasi tersebut yang akan digunakan untuk merekomendasikan penggunaan alat untuk proses penggusuran pada kegiatan pembersihan lahan



Gambar 1. Penilaian untuk kategori penggalian pada batuan (Pettifer and Fookes, 1994)



Gambar 2. Skema sifat geometri utama dari diskontinuitas dalam batuan (Hudson, 1989 dalam Hudson & Harrison, 1997)



Gambar 3. Penentuan spasi kekar pada batuan (Rai, Kramadibrata, & Wattimena, 2014)

Tabel 1. Estimasi nilai *Uniaxial Compressive Strength* di Lapangan untuk batuan utuh (Hoek dan Brown, 1998 dalam Wibowo, 2019)

Tingkat	Klasifikasi	Identifikasi Lapangan	UCS (MPa)	Point Load	Contoh
R0	Lemah Ekstrim	Mudah dengan kuku jari	< 1	0	Tanah

Tingkat	Klasifikasi	Identifikasi Lapangan	UCS (MPa)	Point Load	Contoh
R1	Sangat lemah	Bisa digores dengan pisau	1-5	0	Batuan lapuk tinggi, batuan alterasi, serpih
R2	Lemah	Sulit digores dengan pisau	5-25	0	Batu kapur, batu lempung, batu lanau, serpih, batu garam
R3	Kuat Sedang	Tidak dapat digores pisau, dapat dipecah menggunakan palu geologi	25-50	1-2	Filit, sekis, batu lanau
R4	Kuat	> 1 Pukulan palu geologi untuk pecah sampel	50-100	2-4	Batu gamping, marmer, batu pasir, sekis
R5	Sangat Kuat	Banyak pukulan palu geologi untuk memecahkan sampel	100-250	4-10	Amfibolit, batupasir, basalt, gabbro, gneiss
R6	Kuat Ekstrem	Ekstrem keras	> 250	> 10	Basalt segar, rijang, diabase, granit, Kuarsit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Stasioning atau disingkat dengan STA merupakan proses penentuan suatu jarak yang pengukurannya diukur dari titik awal yang dikenal dengan *Benchmark* (titik ikat). STA juga dijadikan suatu tanda atau patok pada pengukuran jalan yang digunakan sebagai penomoran jalan. Pada penelitian ini STA 1 terletak pada KM 501-500. Hal tersebut menjelaskan bahwa titik ikat berada pada kilometer 501 dengan jarak 500 meter dari titik ikat. Hal tersebut berlaku pada STA 2 dan STA 3. Lokasi pengamatan merupakan lokasi pengukuran bidang diskontinuitas yang terletak di ruas jalan Trans Papua Wasior-Nabire, Distrik Yamor, Kabupaten Kaimana, Provinsi Papua Barat.

Lokasi pengamatan di lapangan terdiri dari 8 titik yaitu STA 1 terdapat 3 titik (tabel 2), STA 2 terdiri dari 4 titik, dan STA 3 terdiri dari 1 titik pengamatan (Tabel 2). Dari beberapa titik tersebut dilakukan deskripsi batuan yang hasil deskripsi batuan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2. Koordinat di 8 titik pengamatan.

No	Lokasi	Koordinat Zona 53 S	
		X	Y
1	STA 501+500	476.767	9.602.585
2	STA 501+600	476.863	9.602.628
3	STA 501+950	477.174	9.602.632
4	STA 502+050	477.253	9.602.582
5	STA 502+100	477.303	9.602.574
6	STA 502+350	477.541	9.602.647
7	STA 502+750	477.896	9.602.799
8	STA 503+600	478.614	9.602.748

Berdasarkan tabel 3, terlihat dengan jelas bahwa batuan yang terletak pada tiap titik pengamatan hampir sebagian besar adalah serpih yang berada pada 5 titik dan sisanya 3 titik adalah breksi seperti pada tabel 3. Hasil deskripsi batuan

tersebut jika dikorelasikan dengan tabel 1, maka batu serpih memiliki nilai UCS dengan jangkauan dari 1-5 MPa yang termasuk dalam kategori sangat lemah. Hal ini diperkuat bahwa batuan yang ditemukan di lapangan dapat digores menggunakan bantuan pisau, sehingga pemilihan kategori tingkat R1. Batu serpih atau yang dikenal dengan batu lanau yang termasuk dalam kelompok batuan sedimen (Musriadi, dkk. 2019).

Setelah mengetahui nilai kuat tekan batuan, selanjutnya adalah menentukan spasi diskontinuitas pada batuan. Sebelum menentukan *index* spasi diskontinuitas, hal yang perlu dilakukan di lapangan adalah melakukan pengukuran pada bidang kekar menggunakan *Scanline* seperti yang terlihat pada gambar 5 dan 6. Dari 8 titik pengamatan di lapangan hanya diambil 2 titik pengamatan yang terdapat singkapan batuan yaitu STA 1 KM 501+500 dan STA 2 KM 502+100.



Gambar 5. Orientasi bidang diskontinuitas terhadap *Scanline* STA 1



Gambar 6. Orientasi bidang diskontinuitas terhadap
Scanline STA 2

Tabel 3 Deskripsi batuan di 8 titik pengamatan

No.	Lokasi	Strike and Dip Batuan (°)	Warna		Tekstur				Struktur	Jenis Batuan	Nama Batuan
			Lapuk	Segar	Ukuran Butir	Derajat kebundaran	Pemilahan	Kemas			
1	STA 501+500	N310°E/31°	Abu-abu kecoklatan	Abu-abu tua	Lempung	Membundar	Baik	Tertutup	Kekar dan Perlapisan	Sedimen Klastik	Serpilh
2	STA 501+600	N193°E/36°	Coklat muda	Coklat Tua	Kerakal-Kerikil	Menyudut	Buruk	Terbuka	Lapisan (bedding)	Sedimen Klastik	Breksi
3	STA 501+950	N231°E/37°	Abu-abu kehijauan	Coklat Tua	Kerakal	Sedikit Menyudut	Buruk	Terbuka	Lapisan (bedding)	Sedimen Klastik	Breksi
4	STA 502+050	N288°E/34°	Abu-abu kecoklatan	Abu-abu tua	Lempung	Membundar	Baik	Tertutup	Masif	Sedimen Klastik	Serpilh
5	STA 502+100	N259°E/36°	Abu-abu kecoklatan	Abu-abu tua	Lempung	Membundar	Baik	Tertutup	Kekar dan Masif	Sedimen Klastik	Serpilh
6	STA 502+350	N279°E/50°	Coklat Kejinggaan	Coklat Tua	Kerikil-Kerakal	Sedikit Menyudut	Buruk	Terbuka	Lapisan (bedding)	Sedimen Klastik	Breksi
7	STA 502+750	N289°E/47°	Abu-abu kecoklatan	Abu-abu tua	Lempung	Membundar	Baik	Tertutup	Perlapisan	Sedimen Klastik	Serpilh
8	STA 503+600	N311°E/39°	Abu-abu kehijauan	Abu-abu tua	Lempung	Membundar	Baik	Tertutup	Perlapisan (sisipan quarsa 0,1 m)	Sedimen Klastik	Serpilh

Berdasarkan hal tersebut, kedua titik pengamatan yang digunakan sebagai pendekatan atau acuan untuk mewakili daerah yang tidak dilakukan pengambilan spasi diskontinuitas. Dari kedua titik pengamatan tersebut diperoleh nilai *index* spasi diskontinuitas pada batuan seperti yang terlihat pada tabel 4 dan 5. Nilai kuat tekan batuan dan *index* spasi diskontinuitas batuan, diplot ke dalam kriteria Pettifer dan Fookes 1994 seperti yang terlihat pada gambar 7 dan 8. Berdasarkan data-data tersebut diperoleh bahwa tingkat kemampugalian pada lokasi KM 501+500 adalah masuk dalam tingkat kemampugalian *easy digging* atau masuk ke dalam kondisi mudah untuk digali. Sedangkan pada lokasi pengalian KM 502+100 adalah masuk dalam tingkat kemampugalian *hard digging* atau dalam kategori yang sulit untuk digali. Penggalian adalah salah satu dari proses pemindahan tanah yang dapat dilakukan menggunakan tenaga manusia maupun menggunakan mesin. Karena kondisi material yang sulit digali, maka rekomendasi yang diberikan adalah dengan menggunakan alat berat yaitu *hydraulic excavator* (backhoe) atau *power shovel*.

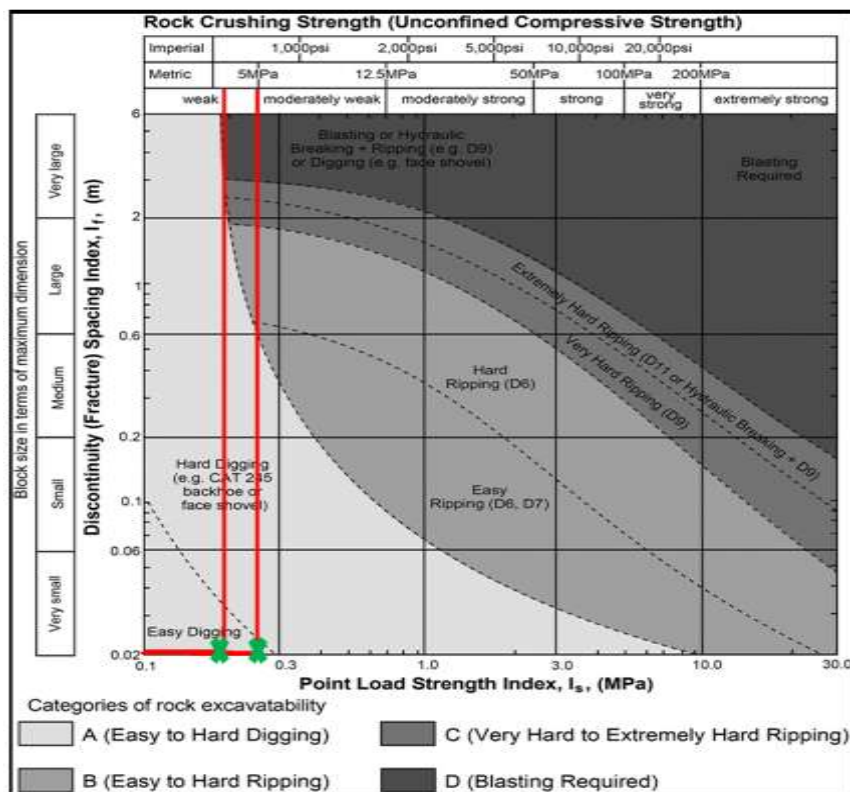
Tabel 4. Indeks spasi diskontinuitas pada lokasi STA 1 KM 501+500

Spasi joint set A		Jv	Jv total Joint Set A	If
Spasi Kekar (m)	Konstanta			
0.02	1	63.28	148.19	0.02

Spasi joint set A			Jv total Joint Set A	If
Spasi Kekar (m)	Konstanta	Jv		
0.04	1	26.80	43.20	0.07
0.29	1	3.51		
0.33	1	3.00		
0.03	1	37.52		
0.55	1	1.81		
0.64	1	1.56		
0.21	1	4.72		
0.17	1	6.00		

Tabel 5. Indeks spasi diskontinuitas pada lokasi STA 2 KM 502+100

Spasi joint set A & B			Jv total Joint Set A & B	If
Spasi Kekar (m)	Konstanta	Jv		
1.51	1	0.66	43.20	0.07
0.47	1	2.12		
0.08	1	12.92		
Total If JS A		15.69		
0.16	1	6.13		
0.05	1	20.07		
0.77	1	1.31		
Total If JS B		27.50		



Gambar 7 Penentuan tingkat kemampugalian pada lokasi STA 1 KM 501+500

KESIMPULAN

Berdasarkan kriteria Pettifer dan Fookes 1994, metode penggalian yang sesuai pada lokasi pengalihan KM 501+500 adalah masuk dalam tingkat kemampugalian *easy digging* atau masuk ke dalam kondisi mudah untuk digali. Pada lokasi pengalihan KM 502+100 adalah masuk dalam tingkat kemampugalian *hard digging* atau kategori yang sulit untuk digali karena kondisi material yang sulit digali, maka rekomendasi yang diberikan adalah dengan menggunakan alat berat yaitu *hydraulic excavator* (backhoe) atau *power shovel*. Untuk keseluruhan tempat untuk beberapa titik yang lainnya pun direkomendasikan menggunakan alat berat hidroulic excavator atau *power shovel*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, Y., Krisnantara, G., & Setiadi, K. (2021, April). Korelasi *Point load Index* dan Uniaxial Compressive Strength Pada Satuan Batupasir dan Batulempung Formasi Latih Untuk Penentuan Koefisien Kekuatan Batuan di Pit X Tambang Batubara PT Berau Coal, Kalimantan Timur. *Jurnal Geomine, Volume 9*(Nomor 1), 9-16.
- Bell, F. G. (2007). *Engineering Geology Second Edition*. London: Butterworth-Heinemann.
- Brady, B. H., & Brown, E. T. (2004). *Rock Mechanics for underground mining*. United State: Kluwer Academic Publishers.
- Dewi, L. K., Oktaviani, R., Devi, S. D., Trides, T., & Nugroho, W. (2022, Juni). Korelasi *Point load Index* Terhadap Uniaxial Compressive Strength Batupasir Formasi Balikpapan Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur (Corelation of *Point load Index* towards Uniaxial Compressive Strength of Sandstone in Balikpapan Formation Samarinda Eas. *Jurnal Teknologi Mineral, Volume 10*(Nomor 1), 24-30.
- Hasanah, N., Hakim, R. N., Santoso, E., & Melati, S. (2019, Juli). Alternatif Penentuan Uniaxial Compressive Strength Batulempung Dari *Point load Strength Index* Dan Rebound Number Schmidt Hammer. *Jurnal GEOSAPTA, Volume 5*(Nomor 2), 127-132.
- Hudson, J. A., & Harrison, J. P. (1997). *Engineering Rock Mechanics; An Introduction to the Principles*. London: Pergamon Press.
- International Society For Rock Mechanics and Rock Enginerling. (1985, April). Suggested method for determining *point load* strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, Volume 22*(2), 53-60.
- Kurniawan, W., & Heriyadi, B. (2018, November). Analisis Metode Penggalian Batuan Berdasarkan Kriteria Indeks Kekuatan Batu (Franklin) di Site Penambangan Batu Dolomite PT. Bakapindo, Jorong Durian, Nagari Kamang Mudiak, Kecamatan Kamang Magek, Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal BIna Tambang, Volume 3*(Nomor 3), 1275-1284.
- Musriadi, Wahyuni, A., Zelviani, S., Trihendriansyah, & Lestari, U. (2019, Juni). Struktur Batuan Penyusun Desa Pada'elo Kecamatan Mallawa Kabupaten Maros. *JFT, Volume 6*(Nomor 1), 80-85.
- Nata, R. A., & Sabri, A. (2020, Juni). Block Punch Index (BPI) Dan *Point load Index* (PLI) Untuk Memprediksi Nilai Kuat Tekan Batuan Penyusun Lereng Tambang Gunna Mencegah Terjadinya Longsoran Di CV. Bara Mitra Kencana, Sawahlunto. *Jurnal Sains dan Teknologi, Volume 20*(Nomor 1), 65-70.
- Prima, G. R., & Hafudiansyah, E. (2022, Februari). Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Proyek Jalan Tol (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung Seksi 2, Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Volume 3*(Nomor 2), 74-81.
- Rai, M. A., Kramadibrata, S., & Wattimena, R. K. (2014). *Mekanika Batuan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.
- Rusydy, I., Al-Huda, N., Fahmi, M., & Effendi, N. (2020, Juni). Analisis Modulus Deformasi Massa Batuan pada Segmen Jalan USAID Km 27 Hingga Km 30 Berdasarkan Klasifikasi Massa Batuan. *RISSET Geologi Pertambangan, Volume 30*(Nomor 1), 93-105.
doi:10.14203/risetgeotam2020.v30.1073
- Sagita, P. A., & Pramana, I. P. (2022, Juli). Pengendalian Tindakan Land Clearing oleh Kesatuan Masyarakat Hukum Adat Menurut Hukum Positif di Indonesia. *Jurnal Magister Hukum Udayana, Volume 11*(Nomor 2), 366-379.

Syarif, A., Nurhakim, & Hakim, R. N. (2020, Januari). Perancangan Alat Uji Beban Titik Menggunakan Pressure Gauge Serta Menentukan Korelasinya Terhadap Uji Kuat Tekan Uniaksial Pada Batulanau. *Jurnal GEOSAPTA*, Volume 6(Nomor 1), 63-67.

Wibowo, A. (2019). *Tesis; Evaluasi Kondisi Geologi Teknik dan Analisis Kestabilan Ekskavasi Terowongan Air Nanjung Provinsi Jawa Barat*. Yogyakarta: Departemen Geologi Universitas Gadjah Mada.