

Studi Pengaruh Jumlah Rekahan Terhadap Kuat Tekan Uniaksial dan Kecepatan Gelombang Ultrasonik

Aditya Budi Nugraha*, Ridho Kresna Wattimena, Tedy Setiawan
Program Studi Rekayasa Pertambangan, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

* Corresponding author: kang.abnugraha@gmail.com

Received: Jan 8, 2021; Accepted: Jun 16, 2021.

DOI: 10.31764/jpl.v2i1.3837

Abstrak. Keberadaan rekahan merupakan keadaan yang umum terjadi dalam massa batuan. Pendeteksian rekahan dalam massa batuan merupakan hal yang sangat penting dalam pekerjaan pertambangan. Rekahan pada massa batuan secara umum mengurangi kekuatan dalam massa batuan tersebut. Salah satu metode yang umum digunakan dalam mendeteksi keberadaan rekahan adalah dengan *non destructive test* (NDT), yang mana menggunakan gelombang ultrasonik (kecepatan gelombang P/Vp) sebagai media pengukur. Vp merupakan parameter yang dipengaruhi oleh keberadaan rekahan tersebut. Selain itu, dipelajari mengenai pengaruh rekahan terhadap nilai kuat tekan. Sampel yang digunakan merupakan beton dengan komposisi campuran semen – pasir 1:1 dan 1:3. Dua komposisi campuran tersebut dibuat sebagai representasi dari kekuatan batuan yang lemah dan kuat. Rekahan yang dibuat berupa rekahan artifisial pada sampel berukuran 5,4 cm x 12 cm dengan variasi jumlah rekahan untuk setiap komposisi.

Kata Kunci: gelombang ultrasonik, kecepatan gelombang, rekahan, kuat tekan.

Abstract. The existence of fractures is a common condition in rock masses. The detection of fractures in rock mass is very important in mining project. Fractures that existence in rock mass generally reduce strength of the rock masses. The methods commonly used in examining fractures is the non-destructive test (NDT), it's use ultrasonic waves (P wave velocity) as measurement media. In this study discussed also the effect of fracture to the compressive strength. The sample used is concrete with a cement-sand mixture composition is 1: 1 and 1: 3. This two compositions represent the strength of rock, one mixture represent weak rocks and other mixture represent strong rocks. The fractures made as artificial fractures in the sample which sample dimension is 5.4 cm x 12 cm with a variation in the number of fractures for each composition.

Keywords: *ultrasonic wave, wave velocity, fracture, compressive strength.*

1. Pendahuluan

Gelombang ultrasonik didefinisikan sebagai gelombang dengan *band* frekuensi di atas 20 kHz, dan menerus sampai dengan orde MHz dan berakhir pada frekuensi sekitar 1 GHz. Aplikasi dari gelombang ultrasonik telah banyak digunakan pada berbagai disiplin ilmu seperti kimia, fisika, teknik, biologi, oseanografi, kesehatan, seismologi, dll. Terdapat dua alasan utama sehingga gelombang ultrasonik digunakan dalam bidang-bidang tersebut (Cheeke, 2002), yaitu: (1) Gelombang ultrasonik merambat dengan lambat sekitar 100.000 kali lebih lambat dari gelombang elektromagnetik. Hal ini memberikan jalan untuk menampilkan informasi pada waktunya, membuat variabel tunda, dll. (2) Gelombang ultrasonik dapat menembus material *opaque* dengan mudah, yang mana tipe radiasi lain tidak dapat menembusnya. Selain itu, sumber gelombang ultrasonik tergolong tidak mahal, sensitive, dan handal. Hal ini memberikan cara yang baik untuk menyelidiki dan menggambarkan interior dari material tersebut.

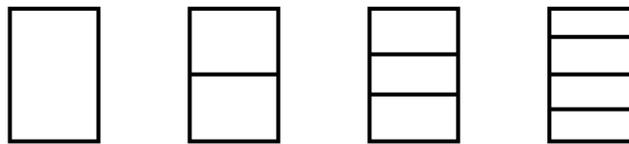
Pada studi ini jenis gelombang ultrasonik yang digunakan adalah gelombang P dengan parameter yang digunakan dalam pengukuran adalah kecepatan gelombang P (Vp). Pengaruh rekahan terhadap Vp terlihat dari laju diminusnya, pada batuan sampel *calcarenite of sale* dan *marble of oued Akrech* (MA) diminusi yang terjadi yaitu antara 8%-42% dan bernilai 100% pada rekahan ke-8 (El Azhari *et al.*, 2013). Jarak spasi antar rekahan juga mempengaruhi kecepatan gelombang P (Vp), dengan menggunakan parameter *Velocity Reduction Ratio* (VRR) untuk spasi antar rekahan sebesar 2 cm dan 5 cm diperoleh hasil untuk jumlah rekahan kurang dari 3, nilai VRR lebih tinggi untuk spasi rekahan 5 cm, sedangkan untuk jumlah rekahan lebih dari 3, hasilnya adalah sebaliknya. Selain itu, laju VRR pada spasi yang lebih pendek menjadi lebih *steep* (Fathollahy *et al.*, 2017). Nilai Vp

cenderung berkurang ketika melalui rekahan, pada batuan *marble* dan *travertine* nilai V_p terus turun seiring bertambahnya rekahan (Jaroenklang, 2018).

2. Metode Penelitian

Sampel dibuat adalah sampel dengan campuran pasir dan beton dengan rasio semen:pasir 1:1 dan 1:3. Dimensi dari sampel yaitu ($D \times L$) $\pm 5,4 \text{ cm} \times \pm 12 \text{ cm}$, sesuai dengan standar ISRM yaitu L/D bernilai 2 – 2,5. Digunakannya standar ISRM karena sampel akan diuji dengan metode uji UCS. Maksud dari dibuatnya dua rasio campuran ini adalah untuk merepresentasikan perbedaan kekuatan dari sampel, satu rasio merepresentasikan sampel yang lebih kuat dan rasio yang lain merepresentasikan sampel yang lebih lemah. Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah: (1) Mesin UCS Merk Hung Ta, untuk pengujian UCS dan (2) Ultracon 170 untuk pengukuran V_p .

Pembentukan rekahan pada sampel dibuat dengan cara dipotong menggunakan mesin potong di Laboratorium Mekanika Batuan ITB. Pola pemotongan rekahan terlihat pada gambar 1. Terdapat sampel yang utuh atau tidak dipotong dan sampel lain yang dibuat rekahan artifisial berjumlah satu, dua dan tiga rekahan.



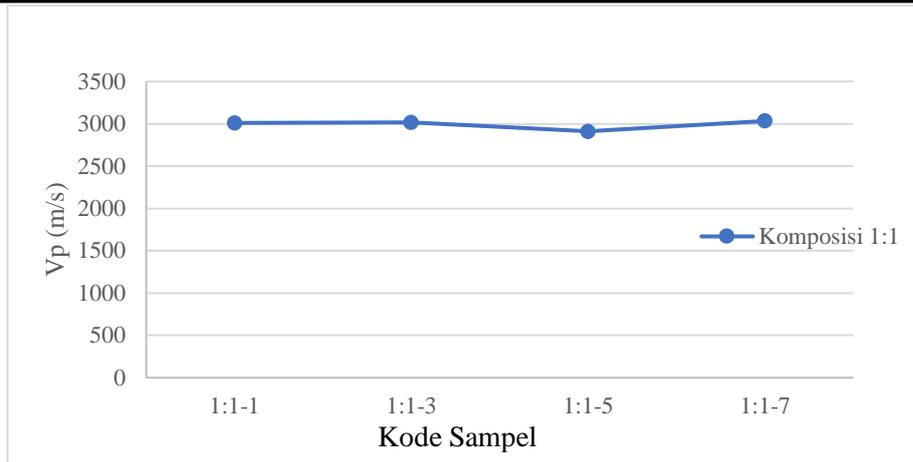
Gambar 1. Bentuk sampel yang digunakan dalam pengujian

Perbedaan jumlah rekahan tersebut dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh jumlah rekahan terhadap nilai kuat tekan dan nilai V_p . Sebelum dipotong, V_p dari sampel terlebih dahulu diukur, hasil dari pengukuran tersebut terdapat pada tabel 1. Pada gambar 2 dan 3 terlihat bahwa nilai V_p pada sampel relatif sama, untuk sampel dengan rasio 1:1 nilai V_p berada pada jarak yang dekat (sekitar 3000an) dengan nilai rata-rata 2994 m/s. sedangkan pada sampel dengan rasio 1:3 nilai V_p juga berada pada jarak yang relatif dekat (sekitar 2000an) dengan nilai rata-rata 2060.

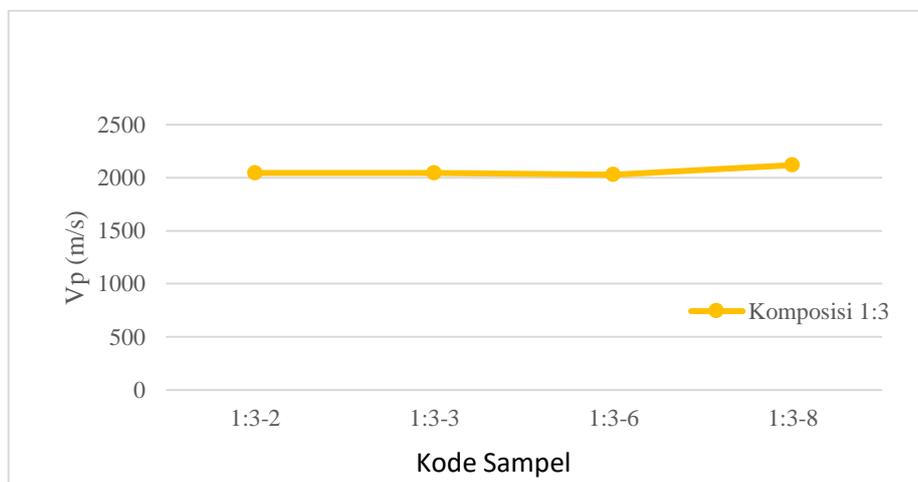
Nilai V_p yang relatif dekat antara satu sampel dan sampel yang lain pada rasio komposisi yang sama dapat diasumsikan bahwa kekuatan sampel untuk komposisi yang sama adalah setara.

Tabel 1. V_p sampel pada kondisi utuh

Kode Sampel	Vp untuk pengambilan ke			Vp rata-rata (m/s)	Vp rata-rata tiap komposisi (m/s)
	1 (m/s)	2 (m/s)	3 (m/s)		
1:1-1	3013	3012	3010	3012	2994
1:1-3	3018	3016	3016	3017	
1:1-5	2912	2912	2913	2912	
1:1-7	3031	3034	3035	3033	
1:3-2	2042	2045	2049	2045	2060
1:3-3	2046	2045	2044	2045	
1:3-6	2029	2028	2029	2029	
1:3-8	2119	2120	2118	2119	



Gambar 2. Nilai Vp utuh pada rasio komposisi 1:1



Gambar 3. Nilai Vp utuh pada rasio komposisi 1:3

Hasil pengukuran Vp pada konsisi utuh dan rekah serta nilai kuat tekan uniaksial dari keseluruhan sampel dengan komposisi 1:1 dan 1:3 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Vp dan UCS pada sampel dan diminusnya

Kode Sampel	Jml Rekahan	Vp (utuh) m/s	Vp (rekahan) m/s	Kuat Tekan - UCS (MPa)	Diminusi (%)
1:1-1	0	3012	3012	44,1	0
1:1-3	1	3017	2734	30,1	9,38
1:1-5	2	2912	1824	13,1	37,36
1:1-7	3	3033	969	9,2	68,05
1:3-2	0	2045	2045	13,5	0
1:3-3	1	2045	1948	10,8	4,75
1:3-6	2	2029	962	8,4	52,59
1:3-8	3	2119	532	5,5	74,89

Dalam penelitian ini digunakan parameter diminusi, diminusi menggambarkan kehilangan V_p akibat adanya rekahan. Perhitungan diminusi pada sampel dapat dilihat pada tabel 2. Persamaan diminusi adalah sebagai berikut:

$$D = \frac{V_{p_{\text{putuh}}} - V_{p_{\text{rekah}}}}{V_{p_{\text{putuh}}}} \times 100\% \quad (1)$$

3. Hasil dan Pembahasan

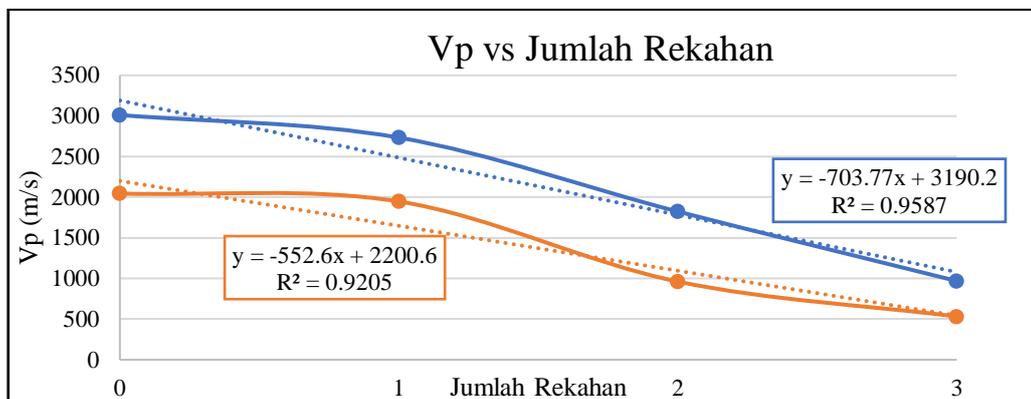
Nilai V_p yang dihasilkan dari hasil pengukuran memperlihatkan adanya penurunan untuk setiap tambahan rekahan, hal yang sama juga terjadi pada nilai kuat tekan uniaksial. Hubungan antara V_p dengan jumlah rekahan terlihat pada gambar 4. Terlihat pada grafik di gambar 4 V_p turun seiring dengan jumlah rekahan. Jika dibuat regresi dari data tersebut diperoleh hubungan berupa persamaan untuk V_p dan jumlah rekahan. Persamaan regresi untuk rasio campuran 1:1 adalah:

$$V_p = -703,77 (JR) + 3190,2 \quad (2)$$

dengan JR adalah jumlah rekahan, sedangkan persamaan regresi untuk rasio campuran 1:3 adalah:

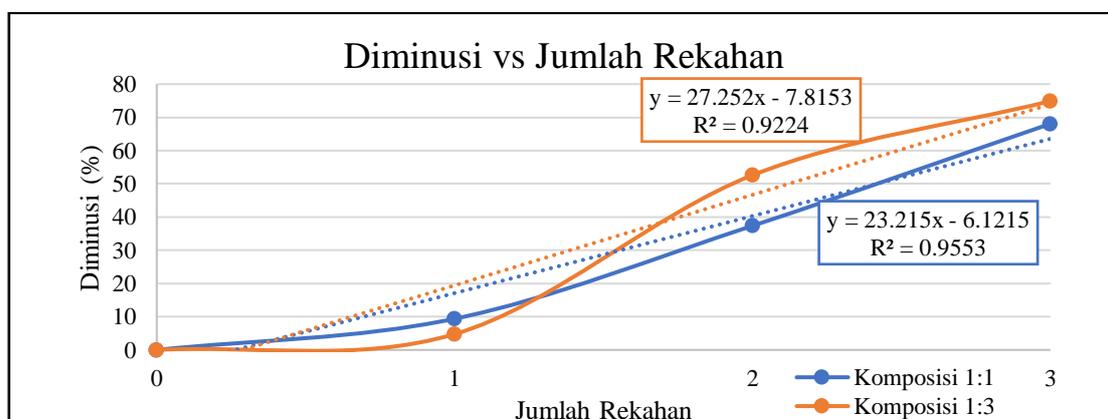
$$V_p = -552,6(JR) + 2200,6 \quad (3)$$

Pada gambar 4, grafik yang berwarna biru merepresentasikan sampel dengan rasio campuran 1:1 sedangkan grafik yang berwarna oranye merepresentasikan sampel dengan rasio campuran 1:3.



Gambar 4. Grafik hubungan V_p terhadap jumlah rekahan untuk kedua komposisi

Seperti terlihat pada gambar 4 nilai V_p terus turun seiring dengan pertambahan rekahan, parameter yang menggambarkan penurunan kecepatan seiring dengan penambahan jumlah rekahan adalah diminusi. Hubungan antara nilai diminusi dengan jumlah rekahan terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hubungan diminusi dengan jumlah rekahan

Jika persamaan yang dihasilkan dari hubungan diminusi dengan jumlah rekahan digunakan untuk mengetahui seberapa banyak rekahan yang akan mengakibatkan nilai diminusinya 100%, maka diketahui bahwa nilai diminusi untuk komposisi dengan rasio campuran 1:1 membutuhkan 5 rekahan

sampai nilai diminusnya 100% atau lebih dari 100%. Nilai diminusi 100% menggambarkan nilai V_p sudah tidak terbaca pada alat. Sedangkan untuk komposisi dengan rasio campuran 1:3 memerlukan 4 rekahan sampai nilai diminusnya melebihi 100% seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan diminusi untuk penambahan jumlah rekahan

Kode Sampel	Jml Rekahan	Diminusi (%)
1:1-1	0	0,00
1:1-3	1	9,38
1:1-5	2	37,37
1:1-7	3	68,05
1:1-X	4	86,7385
1:1-Y	5	109,9535
1:3-2	0	0,00
1:3-3	1	4,76
1:3-6	2	52,60
1:3-8	3	74,89
1:3-X	4	101,19

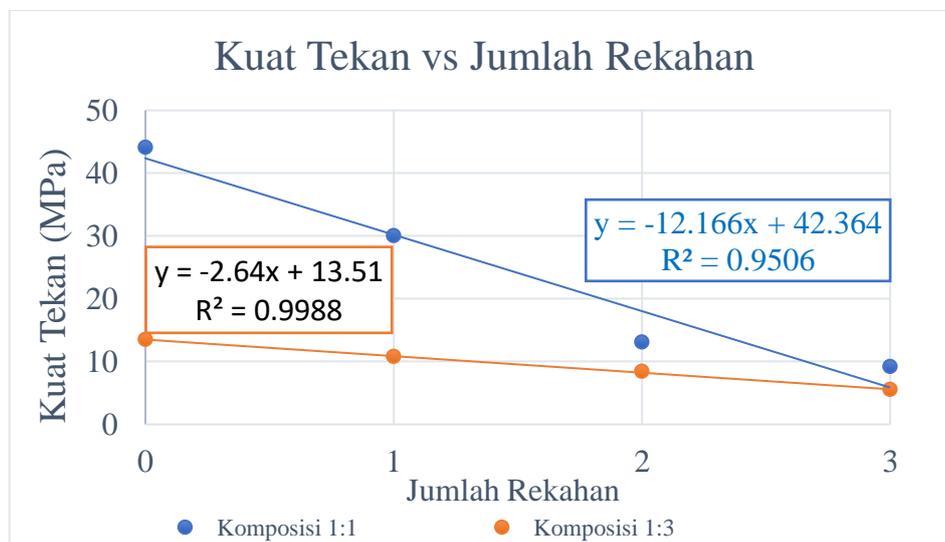
Pada kuat tekan hal yang sama juga terjadi, dimana nilai kuat tekan berkurang seiring dengan penambahan jumlah rekahan seperti terlihat pada gambar 6. Dari grafik dalam gambar 6 dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan akan turun seiring dengan penambahan jumlah rekahan. Hubungan antara kuat tekan dan jumlah rekahan dapat diwakili melalui persamaan yang diperoleh dari regresi linear pada grafik di gambar 6.

Persamaan hubungan kuat tekan dengan jumlah rekahan untuk komposisi 1:1, adalah:

$$UCS = -12,166(JR) + 42,364 \quad (4)$$

Sedangkan persamaan hubungan kuat tekan dengan jumlah rekahan untuk komposisi 1:3, adalah:

$$UCS = -2,64(JR) + 13,51 \quad (5)$$



Gambar 6. Grafik hubungan kuat tekan (UCS) dengan jumlah rekahan

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada studi ini, yaitu:

1. Nilai V_p dapat merepresentasikan kekuatan dari sampel, terlihat bahwa nilai V_p pada sampel dengan campuran 1:1 lebih tinggi dibandingkan sampel dengan campuran 1:3.
2. Jumlah rekahan akan menurunkan nilai kuat tekan uniaksial dan kecepatan gelombang P.
3. Berdasarkan nilai diminusi, sampel dengan kuat tekan yang lebih baik/lebih kuat memerlukan jumlah rekahan yang lebih banyak untuk membuat nilai diminusnya 100% dibandingkan dengan sampel yang kekuatannya lebih lemah.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Program Studi Magister Rekayasa Pertambangan dan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung yang telah mendukung penelitian ini.

Referensi

- Cheeke, J. D. N., (2002) *Fundamentals and Applications of Ultrasonic Waves*: CRC Press
- El Azhari, H. and El Hassani, I. E A., (2013) 'Effect of the Number and Orientation of Fractures on the P-Wave velocity Diminution: Application on the Building Stode of the Rabat Area (Morocco)', *Journal Geomaterial*, doi:10.4236/gm.2013.33010
- Fathollahy, M. and Uromeihy, A. and Riahi, M. A., (2017) 'Evaluation of P-Wave Velocity in different Joint Spacing', *Bolletino di Geofisica Teorica ed Applicata*, Vol 58, n.3, pp 157-168.
- Leucci, G. and De Giorgi, L., (2006) 'Experimental studies on the effects of fracture on the P and S Wave Velocity Propagation in Sedimentary Rock ("Calcarenite del Salento")', *Journal Engineering Geology Elsevier*, doi:10.1016/j.enggeo.2005.12.004.
- Mejia, A. I. and Niemann, J. D. (2008) 'Identification and Characterization of Dendritic, Parallel, Pinnate, Rectangular, and Trellis Networks based on Deviations from Planform Self-Similarity', *Journal of Geophysical Research*, 113(F02015), pp. 1–21. doi: 10.1029/2007JF000781.
- Rai, M. A., Kramadibrata, S., Wattimena. (2012) *Mekanika Batuan*: ITB Press