

PENGARUH MATERIAL PENYUSUN LERENG BATUAN TERHADAP NILAI KUAT TEKAN DI DAERAH MALINO PROVINSI SULAWESI SELATAN

Dian Dwi Apriliyani Arsdin*, Purwanto, Muhammad Ramli

Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia.

*Corresponding author. Email: dwi28.apriliyani@gmail.com

Manuscript received: 26 December 2021; Received in revised form: 9 April 2022; Accepted: 11 April 2022

Abstrak

Lokasi penelitian berada pada lereng hulu aliran sungai Jeneberang di Malino Kabupaten Gowa, Sulawesi-Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis batuan penyusun lereng dan mempelajari tentang hubungan antara karakteristik mineralogi terhadap sifat mekanik batuan. Analisis karakteristik mineralogi menggunakan analisis petrografi, XRD dan XRF, sedangkan untuk analisis sifat mekanik batuan menggunakan analisis *uniaxial compressive strength* pada penelitian ini digunakan tiga jenis sampel yang diambil pada lereng yang sama dengan titik pengambilan sampel atas, tengah dan bawah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis batuan yang terdapat pada lereng merupakan jenis batuan beku andesit dengan jenis mineral utama yang sama yaitu *albit*, *analcime*, *quartz* dan *leucite*. Sedangkan didapati mineral sekunder tiap sampel yang berbeda, pada lereng sampel A mineral sekundernya yaitu *spodumene*, sampel B mineral sekundernya yaitu *garnet* dan sampel C yaitu *palygorskite*. Nilai hasil pengujian sifat mekanik tiap sampel juga berbeda, korelasi dari ketiga nilai pengujian *uniaxial compressive strength* terhadap komposisi mineral pada sampel batuan menunjukkan bahwa korelasi mineral *quartz* terhadap nilai kuat tekan dan modulus young memiliki nilai korelasi yang cukup tinggi yaitu 0,934 dan 0,9798, nilai korelasi mineral terhadap nisbah poisson menunjukkan bahwa mineral *leucite* memiliki nilai korelasi yang tinggi daripada mineral yang lainnya.

Kata Kunci: batuan beku andesit; *uniaxial compressive strength*; XRD; XRF.

Abstract

The research location is on the upstream slope of the Jeneberang River in Malino, Gowa Regency, South Sulawesi. This study aims to determine the types of rocks the slopes and to study the relationship between mineralogy characteristics and rock mechanical properties. Mineralogical characteristics analysis used petrographic analysis, XRD and XRF, while for the analysis of rock mechanical properties using Uniaxial Compressive Strength analysis in this study used three types of samples taken on the same slope with the top, middle and bottom sampling points. The results of this study indicate that the rock types found on the slopes are andesite igneous rock types with the same main mineral types, the mineral is albit, analcime, quartz and leucite, while the secondary minerals found in each sample are different, on the slopes of sample A the secondary mineral is spodumene, sample B secondary mineral is garnet and sample C is palygorskite. The value of the results of testing the mechanical properties of each sample is also different, the correlation of the three Uniaxial Compressive Strength test values to the mineral composition of rock samples shows that the correlation of quartz minerals to the compressive strength value and young's modulus has a fairly high correlation value of 0,934 and 0,9798, the mineral correlation value to the poisson ratio indicates that the mineral leucite has high correlation value compared to other minerals.

Keywords: andesite igneous rock; uniaxial compressive strength; XRD; XRF.

Pendahuluan

Sifat keteknikan dan analisis mineralogi pada batuan sangat penting diketahui untuk menentukan nilai kekuatan batuan (Tuğrul and Zarif, 1999). Variasi karakteristik petrografi pada batuan, saling mempengaruhi dan memiliki keterkaitan satu dengan yang lainnya (Giannakopoulou et al., 2018).

Kekuatan dari hasil pengujian mekanik sampel, umumnya berkaitan dengan berbagai parameter petrografi salah satunya komposisi mineral pada batuan (Keikha and Keykha, 2013). Irfan (1996) mengemukakan bahwa sifat mekanik merupakan fungsi dari tekstur batuan dan karakteristik mineralogi.

Kestabilan lereng dipengaruhi oleh faktor geometri lereng, karakteristik fisik dan mekanik material pembentuk lereng, air (hidrologi dan hidrogeologi), struktur bidang lemah batuan (lokasi, arah, frekuensi, karakteristik mekanik), tegangan alamiah dalam massa batuan, konstrasi tegangan, getaran baik itu gempa, dan perbuatan manusia seperti aktifitas pertambangan dan iklim (Arif, 2016). Pada material tanah dan batuan memiliki sifat fisik dan mekanik tertentu seperti sudut gesek dalam (ϕ), kohesi (c), kuat tarik, kuat tekan, modulus elastisitas, nisbah poisson, dan bobot isi (γ) serta sifat fisik dan mekanik lainnya yang berpengaruh dalam nilai kekuatan tanah atau batuan dan juga mempengaruhi nilai kestabilan lereng (Arif, 2016). Parameter yang menyatakan tingkat kestabilan suatu lereng, dikenal dengan istilah Faktor Keamanan (*Safety Factor*). Hal ini diperlukan untuk mengetahui kemantapan suatu lereng guna mencegah bahaya longsor yang dapat terjadi sewaktu-waktu (Arif, 2016).

Penelitian yang dilakukan sebelumnya berada pada sub-DAS Jeneberang yang

mengkaji tentang karakteristik ukuran butir dan mineral liat tanah pada kejadian longsor. Hasil dari penelitian ini adalah longsor yang terjadi dipicu oleh mineral liat yang ada, sementara itu ukuran butir tanah tidak memberikan banyak pengaruh pada kejadian longsor (Isra et al., 2019). Pada penelitian lainnya yang mengkaji tentang hubungan morfologi dengan mekanika properties (batuan vulkanik) terhadap kestabilan lereng pada daerah aliran Sungai Jeneberang. Kesimpulan penelitian tersebut menunjukkan hubungan morfologi dengan batuan vulkanik sangat berpengaruh terhadap nilai kestabilan lereng yang ditunjukkan dengan bertambahnya nilai kohesi juga memperlihatkan nilai yang besar terhadap nilai faktor keamanan lereng (Afasedanja, 2020).

Pengamatan langsung di lapangan memperoleh informasi bahwa lokasi penelitian merupakan lereng yang telah mengalami longsor dan berjarak ± 100 meter dari jembatan yang menjadi akses umum digunakan untuk menghubungkan lokasi pemukiman penduduk antar desa. Material penyusun dari lereng tersebut didominasi oleh material batuan. Berdasarkan data dan informasi yang diperoleh maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis batuan penyusun lereng dan mempelajari tentang hubungan antara karakteristik mineralogi terhadap sifat mekanik batuan yang ditunjukkan dengan diagram korelasi

Metode Penelitian

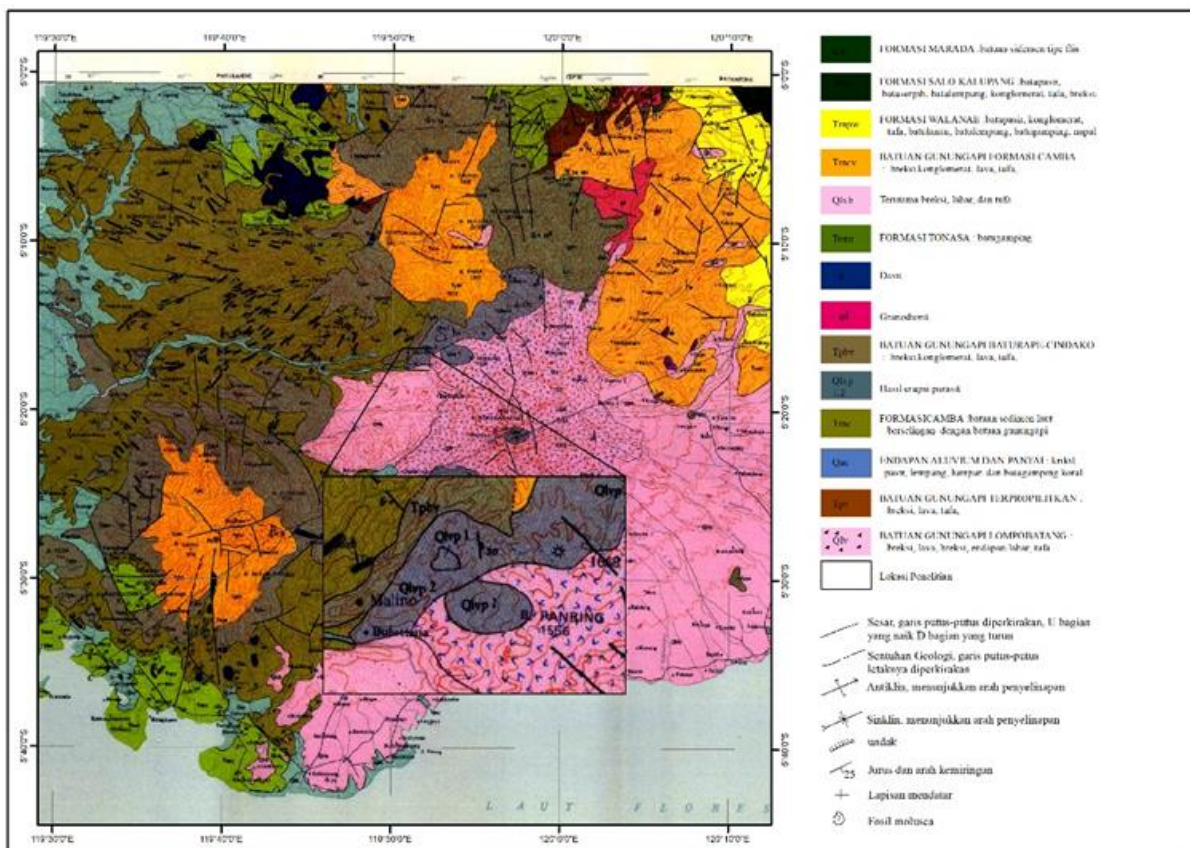
Lokasi penelitian secara geografis terletak pada koordinat $5^{\circ}16'58,481''S$ $119^{\circ}51'34,3233''E$. Secara administratif terletak di Desa Bonto Lerung, Kecamatan Tinggimoncong, Kabupaten Gowa yaitu pada lereng sekitar Jembatan Merah Punggawa D'Emba.

Geologi Daerah Penelitian

Pada Peta Geologi yang ditunjukkan pada Gambar 1, daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Ujungpandang, Benteng, dan Sinjai (Sukanto, 1982).

Penelitian ini menggunakan data kualitatif dan kuantitatif dengan mengumpulkan berbagai sumber data dari penelitian sebelumnya dan pengambilan sampel langsung di lapangan. Jenis data pada penelitian ini menggunakan data primer berupa data hasil analisis di laboratorium. Jumlah sampel yang dianalisis pada penelitian ini sebanyak 3 sampel dalam

bentuk bongkahan. Metode pengambilan sampel di lapangan dengan cara melakukan *sampling* perlapisan lereng yaitu lapisan atas, tengah dan bawah. Masing-masing perlapisan diambil 1 bongkahan batuan, tiap bongkahan batuan kemudian dipreparasi dan dibagi menjadi 3 sampel hasil preparasi untuk analisis petrografi, 3 sampel hasil preparasi untuk analisis XRD, 3 sampel untuk analisis XRF dan 3 sampel bentuk *coring* untuk analisis *uniaxial compressive strength*.



Gambar 1. Peta geologi lokasi penelitian (Sukanto, 1982).

Analisis data yang digunakan untuk mengetahui jenis batuan pada lokasi penelitian menggunakan analisis petrografi untuk mengetahui keterdapatannya dan jenis mineral pada sampel batuan dengan cara melakukan pengamatan menggunakan mikroskop. Analisis XRD digunakan untuk mengetahui keterdapatannya mineral pada sampel batuan. Analisis XRF digunakan untuk mengetahui keterdapatannya senyawa

kimia pada sampel batuan. Sedangkan untuk mengetahui nilai kuat tekan pada sampel batuan digunakan analisis *uniaxial compressive strength*. Analisis ini dilakukan menggunakan mesin tekan (*compression machine*) dengan mengikuti standar dari metode yang digunakan untuk menentukan kuat tekan uniaksial dan deformasi material batuan (Bieniawski and Bernede, 1979). Hasil pengujian dari

seluruh sampel kemudian diolah pada *Microsoft Office Excel* untuk mengetahui hubungan antara karakteristik mineralogi terhadap sifat mekanik batuan yang ditunjukkan dengan diagram korelasi.

Hasil dan Pembahasan

Morfologi Daerah Penelitian

Satuan morfologi yang terdapat pada DAS Jeneberang terdiri dari satuan morfologi pegunungan, perbukitan, dataran banjir sungai dan dataran rendah pantai. Morfologi pegunungan dengan ketinggian di atas 1000 mdpl menempati sebagian besar bagian hulu sungai yaitu di bagian timur DAS. Satuan morfologi pegunungan ini tersusun oleh batuan Gunungapi Baturape-Cindako dan batuan Gunungapi

Lompobattang dengan kelerengan curam terutama di sekitar hulu Sungai Jeneberang yang mencapai kelerengan rata-rata 100 % yaitu pada tebing kawah sekitar puncak Gunung Bawakaraeng. Satuan morfologi perbukitan menempati bagian tengah DAS memanjang dari timur ke barat di sepanjang kiri dan kanan aliran sungai dengan ketinggian antara 50-1000 mdpl. (Tim Forum DAS Sulawesi Selatan, 2004). Batuan morfologi daerah penelitian terdiri dari batuan tertua berumur Miosen tengah di Formasi Camba berada pada Sub DAS Tallo bagian hulu, sedangkan batuan termuda berumur Plistosen berada pada Sub DAS Lengese di Formasi Lompobattang (Massinai, 2011). Kondisi umum lereng pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi umum lereng lokasi penelitian.

Litologi Daerah Penelitian

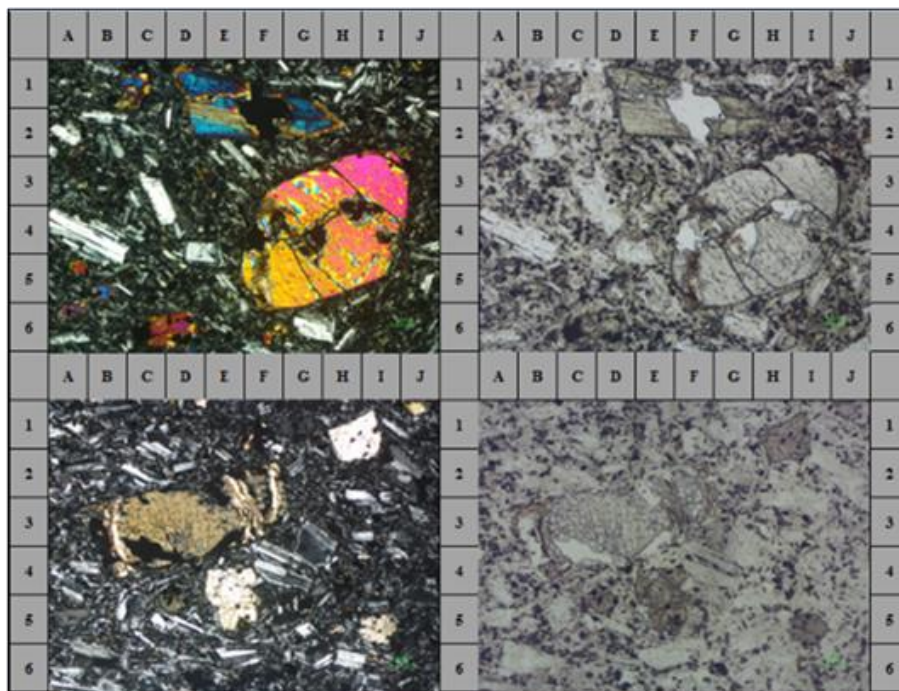
Penamaan litologi batuan di lokasi penelitian dapat dilakukan dengan dua cara baik secara megaskopis maupun mikroskopis. Pengamatan megaskopis di lapangan dapat diamati langsung dengan memperhatikan sifat fisik maupun ciri mineralnya. Sementara itu untuk pengamatan mikroskopis dilakukan dengan menggunakan mikroskop polarisasi dengan

dasar penamaan menggunakan skala klasifikasi Travis (1955).

Berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan pada Gambar 3, karakteristik material penyusun lereng dalam kondisi segar berwarna abu-abu, dengan tekstur berupa *porphyritic* dan berstruktur *massive*. Batuan ini berasal dari hasil pembekuan magma di permukaan bumi berupa aliran (lava) yang bersifat intermediet (Hardiyono, 2013).



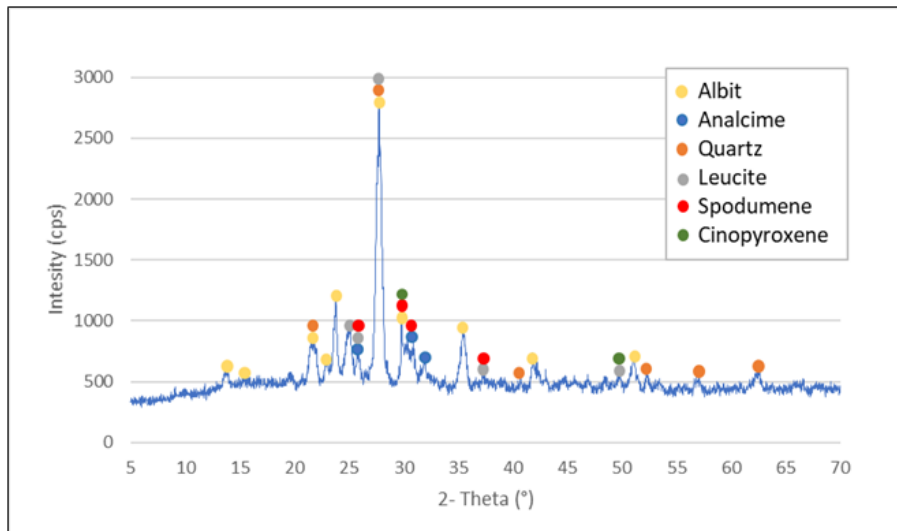
Gambar 3. Singkapan batuan pada lereng.



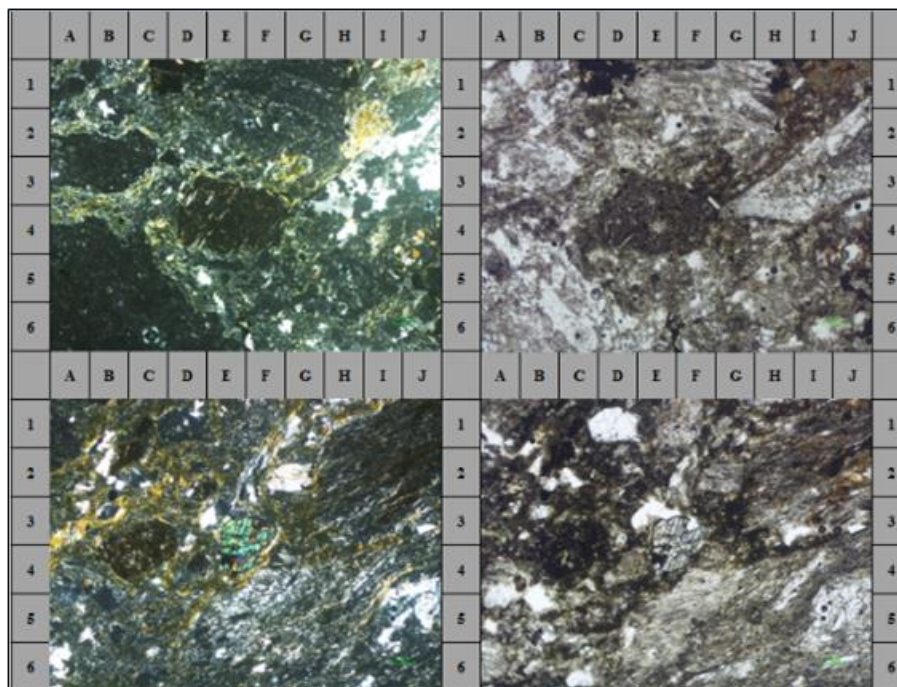
Gambar 4. Sampel A foto mikrograf.

Hasil pengamatan menggunakan mikroskop pada Gambar 4 menunjukkan kenampakan batuan berstruktur *massive*, telah mengalami ubahan sekunder sekitar <15%. Tekstur batuan *porphyritic* yang tersusun oleh fenokris 70% dan massa dasar 30%. Fenokris berukuran 0,05 – 0,25 mm terdiri dari mineral *clynopyroxene*, *plagioclase*, dan *opaque minerals*. Massa dasar didominasi oleh glass vulkanik dan sebagian mikrolit *plagioclase*, dan sedikit

granular pyroxene. Mineral sekunder terdiri dari mineral *oxide* yang tersebar pada massa dasar membentuk butiran halus berwarna hitam. Sebagian besar mineral telah berubah kuat membentuk mineral *spodumene* yang mengisi *fracture* dan bagian tepi pada individu mineral. Hasil pengamatan ini menunjukkan jenis batuan pada sampel A adalah batuan beku *andesite*.



Gambar 5. Difraktogram hasil XRD sampel A.



Gambar 6. Sampel B foto mikrograf.

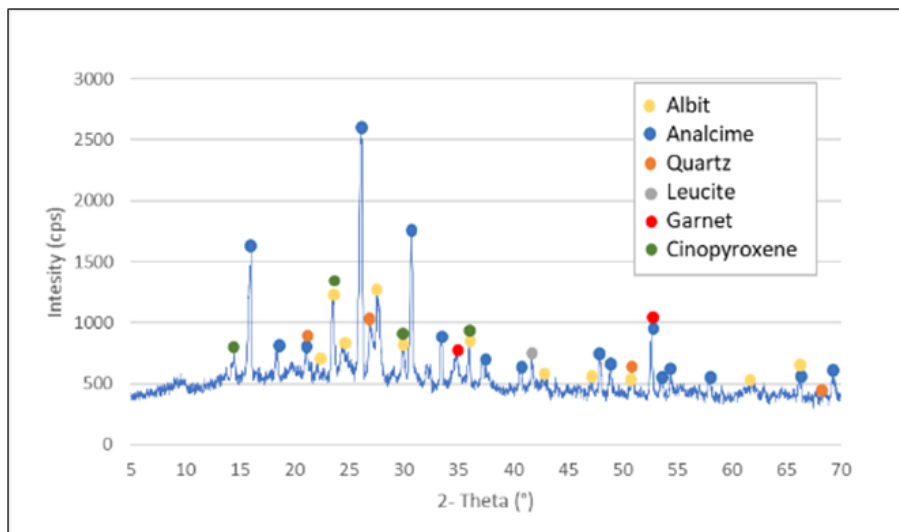
Mineral yang terdeteksi pada difraktogram sebanyak 6 mineral yang dapat dilihat pada Gambar 5. Keempat mineral yang sama pada tiap sampelnya akan digunakan sebagai korelasi terhadap nilai kuat tekan batuan. Mineral tersebut yaitu mineral *albite* 50,60%, *analcime* 3,40%, *quartz* 27,80% dan *leucite* 9,00%. Sedangkan dua mineral lainnya yaitu *clinopyroxene* 2,70% dan *spodumene* 6,50%.

Pada Gambar 6 dapat dilihat kenampakan batuan pada mikroskop berstruktur

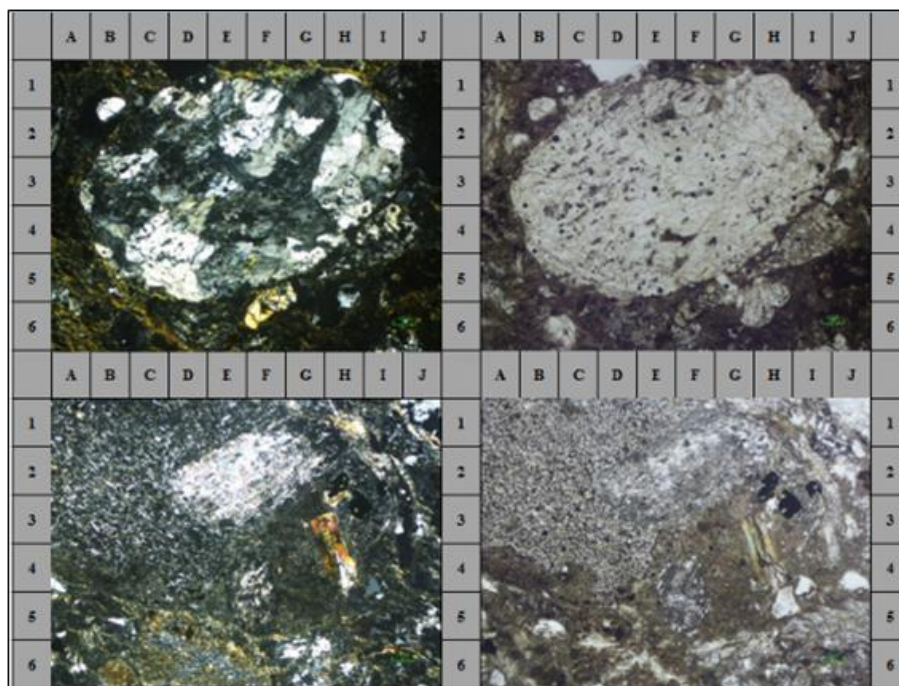
massive, telah mengalami ubahan sekunder sekitar <20%. Tekstur batuan *porphyritic* yang tersusun oleh fenokris 70% dan massa dasar 30%. Fenokris berukuran 0,05 – 0,25 mm terdiri dari mineral *sillimanite*, *analcime*, dan *microcline*. Massa dasar didominasi oleh glass vulkanik dan sebagian mikrolit *microcline*, dan sedikit granular *analcime*. Mineral sekunder terdiri dari mineral *oxide* yang tersebar pada massa dasar, membentuk butiran halus berwarna hitam, sebagian besar mineral telah berubah kuat membentuk mineral

palygorskite yang mengisi dan bagian tepi pada individu mineral. Dari hasil pengamatan tersebut maka diketahui jenis

batuan pada sampel B adalah batuan beku *andesite*.



Gambar 7. Difraktogram hasil XRD sampel B.



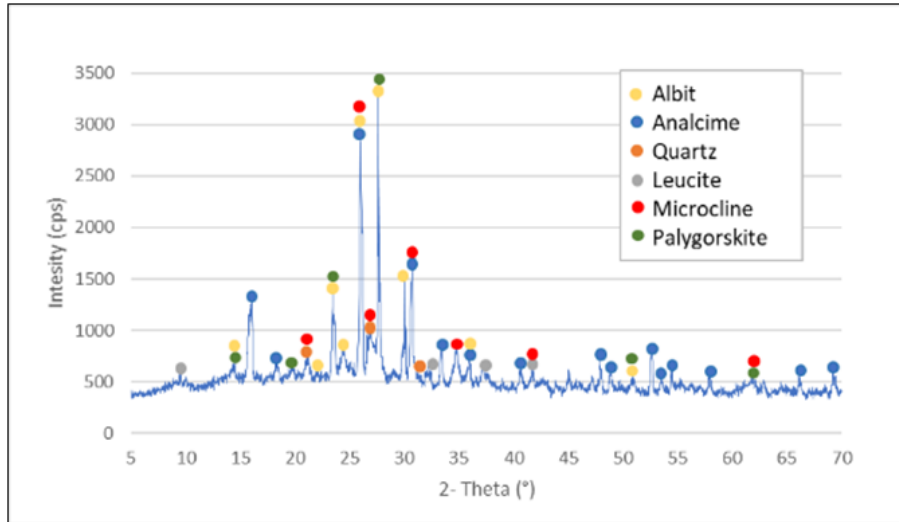
Gambar 8. Sampel C foto mikrograf.

Mineral yang terdeteksi pada difraktogram pada Gambar 7 sebanyak 6 mineral, Keempat mineral yang sama pada tiap sampelnya akan digunakan sebagai korelasi terhadap nilai kuat tekan batuan. Mineral tersebut yaitu mineral *albite* 34,6%, *analcime* 47,20%, *quartz* 7,80% dan *leucite* 1,10%. Sedangkan mineral lainnya yaitu *clinopyroxene* 7,00% dan *garnet* 2,30%.

Kenampakan batuan pada mikroskop yang ditunjukkan pada Gambar 8 berupa batuan berstruktur *massive*, telah mengalami ubahan sekunder sekitar <10%. Tekstur batuan *porphyritic* yang tersusun oleh fenokris 75% dan massa dasar 25%. Fenokris berukuran 0,04 – 0,2 mm terdiri dari mineral *clinopyroxene*, *leucite*, dan *opaque minerals*. Massa dasar didominasi oleh *glass vulkanik* dan sebagian mikrolit *plagioclase*, dan sedikit granular

clynopyroxene. Mineral sekunder terdiri dari mineral *oxide* yang tersebar pada massa dasar membentuk butiran halus berwarna hitam, sebagian besar mineral telah berubah kuat membentuk mineral

garnet yang mengisi *fracture* dan bagian tepi pada individu mineral. Hasil pengamatan tersebut juga menunjukkan jenis batuan pada sampel C adalah batuan beku andesit.



Gambar 9. Difraktogram hasil XRD sampel C.

Tabel 1. Hasil analisis XRD.

Sampel	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	ZnO
Sampel A	65,36%	12,09%	7,84%	5,68%	5,46%	1,57%	1,01%	0,32%	-
Sampel B	66,68%	9,47%	2,72%	7,76%	10,50%	1,31%	0,53%	0,52%	0,02%
Sampel C	68,6%	9,91%	2,63%	5,90%	9,92%	1,39%	0,29%	0,60%	0,03%

Mineral yang terdeteksi pada Gambar 9 difraktogram hasil XRD sebanyak 6 mineral. Keempat mineral yang sama pada tiap sampelnya akan digunakan sebagai korelasi terhadap nilai kuat tekan batuan. Mineral tersebut yaitu mineral *albite* 22,30%, *analcime* 30,90%, *quartz* 2,90% dan *leucite* 7,70%. Sedangkan mineral lainnya yaitu *microcline* 19,60% dan *palygorskite* 16,60%.

Hasil pengujian XRD disajikan pada Tabel 1. Terdapat kesamaan keterdapatan kandungan kimia pada sampel batuan yang diperoleh dari analisis mineragrafi yang mendominasi adalah kandungan SiO₂ yang terdapat pada seluruh sampel pengamatan.

Pengujian kuat tekan pada batuan

Tujuan pengujian kuat tekan adalah untuk mengukur kuat tekan uniaksial sebuah

sampel batuan dalam geometri yang beraturan. Baik dalam bentuk silinder balok atau prisma, dalam satu arah (uniaksial).

Pengujian dilakukan menggunakan mesin tekan (*compression machine*) dan dalam pembebanannya mengikuti standar dari metode yang digunakan untuk menentukan Kuat Tekan Uniaksial dan Deformasi Material Batuan (Bieniawski and Bernede, 1979). Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian *uniaxial compressive strength*.

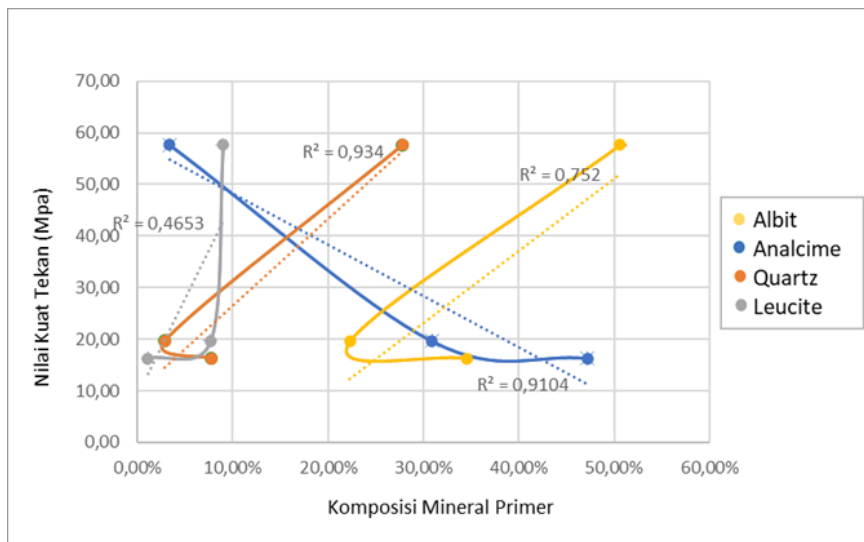
Sampel	Modulus Young (Mpa)	Nisbah Poisson	Kuat Tekan (Mpa)
Sampel A	1569,79	1,03	57,68
Sampel B	2688,13	1,18	19,65
Sampel C	2319,42	0,96	16,3

Hasil analisis sampel di laboratorium menunjukkan nilai hasil pengujian *uniaxial compressive strength* tiap sampel berbeda. Secara umum, nilai Modulus Young dan Nisbah *Poisson* tertinggi terdapat pada sampel batuan B dengan nilai 2688,13 Mpa dan 1,18. Nilai kuat tekan terendah dari ketiga sampel lereng batuan terdapat pada sampel batuan C sebesar 16,30 Mpa.

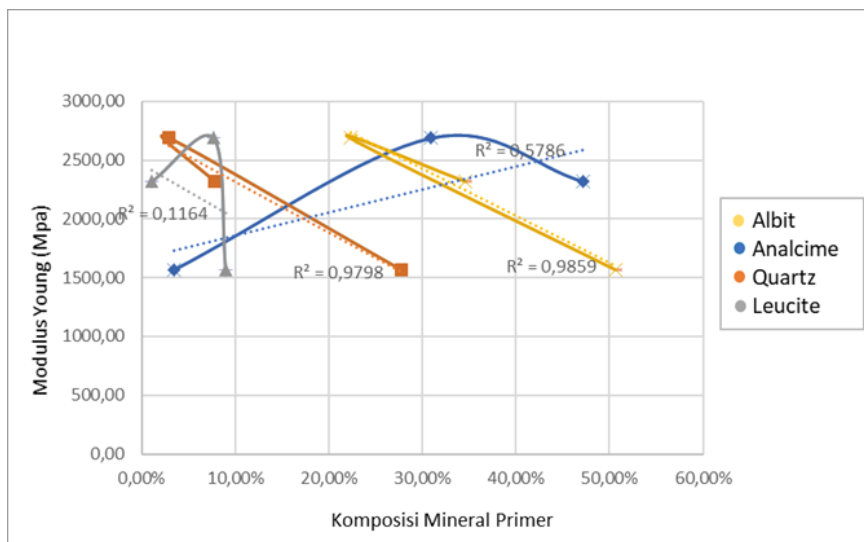
Nilai yang diperoleh dari hasil analisis keseluruhan sampel dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai tersebut dikorelasikan antara keterdapatan mineral dengan nilai *uniaxial compressive strength* dan dikorelasikan ke dalam diagram pada Gambar 10 – 12.

Tabel 3. Korelasi keterdapatan mineral dan nilai kuat tekan pada batuan

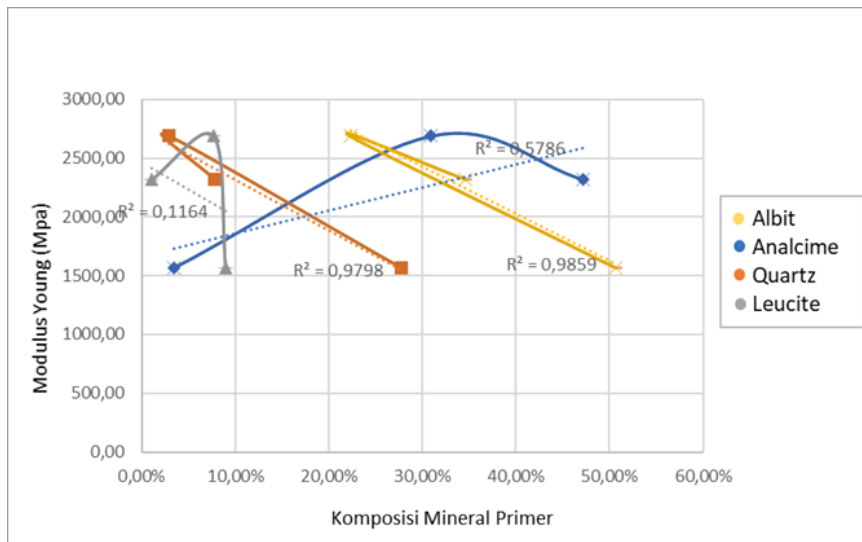
Sampel	Komposisi Mineral Batuan				Jumlah	Uniaxial Compressive Strength		
	Mineral Primer					Kuat Tekan (Mpa)	Modulus Young (Mpa)	Nisbah Poisson
	Albit	Analcime	Quartz	Leucite				
Sampel A	50,60%	3,40%	27,80%	9,00%	90,80%	57,68	1569,79	1,03
Sampel B	22,30%	30,90%	2,90%	7,70%	63,80%	19,65	2688,13	1,18
Sampel C	34,60%	47,20%	7,80%	1,10%	90,70%	16,3	2319,42	0,96



Gambar 10. Korelasi kuat tekan dan komposisi mineral.



Gambar 11. Korelasi modulus young dan komposisi mineral.



Gambar 12. Korelasi nisbah poisson dan komposisi mineral.

Hasil korelasi nilai kuat tekan dan komposisi mineral pada Gambar 10 menunjukkan nilai korelasi pada mineral *albite* yaitu 0,752, *analcime* 0,9104, *quartz* 0,934, dan *leucite* 0,4653. Hasil korelasi nilai modulus young dan komposisi mineral pada Gambar 11 menunjukkan nilai korelasi pada mineral *albite* yaitu 0,9859, *analcime* 0,5786, *quartz* 0,9798, dan *leucite* 0,116. Hasil korelasi nilai nisbah *poisson* dan komposisi mineral pada Gambar 12 menunjukkan nilai korelasi pada mineral *albite* yaitu 0,0317, *analcime* 0,3625, *quartz* 0,1408, dan *leucite* 0,4103.

Korelasi dari ketiga nilai pengujian *uniaxial compressive strength* terhadap komposisi mineral pada sampel batuan menunjukkan bahwa korelasi mineral *quartz* terhadap nilai kuat tekan, Modulus Young memiliki nilai korelasi yang cukup tinggi yaitu 0,934 dan 0,9798. Hal ini juga diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya yang mengungkapkan bahwa keterdapatan mineral kuarsa pada batuan, memberikan nilai kekuatan pada batuan (Yusofa and Zabidia, 2016). Sementara, pada pengujian yang dilakukan pada penelitian ini diperoleh nilai korelasi mineral terhadap nisbah *poisson* menunjukkan bahwa mineral *leucite* memiliki nilai korelasi yang tinggi dibandingkan dengan mineral yang lainnya.

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa jenis batuan yang terdapat pada lereng di lokasi penelitian adalah jenis batuan beku andesit dengan jenis mineral utama yang sama yaitu *albit*, *analcime*, *quartz*, dan *leucite*. Sedangkan didapati mineral sekunder tiap sampel yang berbeda, pada lereng sampel A mineral sekundernya yaitu *spodumene*, sampel B mineral sekundernya yaitu *garnet* dan sampel C yaitu *palygorskite*. Hasil korelasi dari ketiga nilai pengujian *uniaxial compressive strength* terhadap komposisi mineral pada sampel batuan menunjukkan bahwa korelasi mineral *quartz* terhadap nilai kuat tekan, modulus young memiliki nilai korelasi yang cukup tinggi yaitu 0,934 dan 0,9798. Nilai korelasi mineral terhadap nisbah *poisson* menunjukkan bahwa mineral *leucite* memiliki nilai korelasi yang tinggi dibanding mineral yang lainnya.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih dipersembahkan kepada seluruh pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini terutama kepada para dosen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin serta teman-teman Program Magister Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

Daftar Pustaka

- Afasedanja, M.T. 2020. *Hubungan Morfologi dengan Mekanika Properties terhadap Kestabilan Lereng pada Daerah Aliran Sungai Jeneberang Propinsi Sulawesi Selatan*. Jurnal Teknik AMATA. 1(1), pp.5-10.
https://ojs.pat.ac.id/index.php/Amata_amamapare/article/view/20
- Arif, I. 2016. *Geoteknik Tambang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Bieniawski, Z.T. and Bernede, M.J. 1979. *Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials: Part 1. Suggested method for determining deformability of rock materials in uniaxial compression*. 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)
- Giannakopoulou, P.P., Petrounias, P., Tsikouras, B., Kalaitzidis, S., Rogkala, A., Hatzipanagiotou, K. and Tombros, S.F. 2018. *Using Factor Analysis to Determine the Interrelationships between the Engineering Properties of Aggregates from Igneous Rocks in Greece*. Minerals. 8(12), pp.580(1-23).
<https://doi.org/10.3390/min8120580>
- Hardiyono, A. 2013. *Karakteristik Batuan Beku Andesit & Breksi Vulkanik, Dan Kemungkinan Penggunaan Sebagai Bahan Bangunan Daerah Ukir Sari, Kecamatan Bojonegara Kabupaten Serang, Provinsi Banten*. Bulletin of Scientific Contribution. 11(2), pp.89-95
<https://jurnal.unpad.ac.id/bsc/article/view/8290>
- Irfan, T.Y. 1996. *Mineralogy, fabric properties and classification of weathered granites in Hong Kong*. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. 29(1), pp.5–35.
<https://doi.org/10.1144/GSL.QJEGH.1996.029.P1.02>
- Isra N., Lias S.A. and Ahmad, A. 2019. *Karakteristik Ukuran Butir dan Mineral Liat Tanah pada Kejadian Longsor (Studi Kasus: Sub Das Jeneberang)*. Jurnal Ecosolum, 8(2), pp.62-73.
<https://doi.org/10.20956/ecosolum.v8i2.7874>
- Keikha T. and Keykha H. 2013. *Correlation between Mineralogical Characteristics and Engineering Properties of Granitic Rocks*. Electronic Journal of Geotechnical Engineering. 18, pp.4055-4065.
https://www.researchgate.net/publication/287291816_Correlation_between_mineralogical_characteristics_and_engineering_properties_of_granitic_rocks
- Tim Forum DAS Sulawesi Selatan. 2004. *Pokok-pokok Pikiran Pengelolaan DAS Jeneberang dan Penanganan Bencana Longsor Bawakaraeng*. Makassar.
- Travis B.R. 1955. *Classification of Rocks*. Colorado School Of Mines. United State of America
- Tuğrul, A. and Zarif, I.H. 1999. *Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of selected granitic rocks from Turkey*. Engineering Geology. 51(4), pp.303-317.
[https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(98\)00071-4](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(98)00071-4)
- Sukamto R. 1982. *Geologi Lembar Ujungpandang, Benteng dan Sinjai Sulawesi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Direktorat Jendral Pertambangan Umum dan Energi.
- Yusofa, N.Q.A.M. and Zabidia H. 2016. *Correlation of Mineralogical and Textural Characteristics with Engineering Properties of Granitic*

Rock from Hulu Langat, Selangor.
Procedia Chemistry. 19, pp.975-980.
<https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.144>