

Analisis Pengaruh Temperatur Air pada Siklus Pengujian Slake Durability Terhadap Ketahanan dan Ukuran Butir Batuan Daerah Kutai Kartanegara

Moh. Widzar Fahmi-1^a, Revia Oktaviani-2^a, Rety Winonazada-3^a, Tommy Trides-4^a,
Albertus Juvensius Pontus-5^a

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman,
Jalan Sambaliung, Kota Samarinda, Indonesia

*Email: mohwidzarfahmi246@gmail.com

Abstrak

Uji *slake durability* mampu memberikan gambaran mengenai tingkat kerusakan yang dialami batuan akibat siklus pengeringan dan pembasahan. Temperatur air merupakan salah satu variabel penting terhadap hasil uji *slake durability*, peningkatan temperatur air dapat mempercepat laju reaksi kimia dan fisik yang terjadi pada batuan selama proses pelapukan. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya untuk menganalisis ketahanan dan pengaruh temperatur air pada siklus pengujian *slake durability*, batulempung dan batulanau dipilih karena memiliki ukuran butir yang berbeda yang nantinya akan dilakukan pengujian ukuran butir untuk mengetahui dominasi material dari setiap lokasi penelitian. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil pengaruh *index durability* (Id_2) terhadap temperatur air didapatkan pada sampel batulanau formasi Balikpapan pengaruh temperatur air sangat kuat dengan nilai (R^2) 0.9998, formasi Pulau Balang pengaruh temperatur air kuat dengan nilai (R^2) 0.9879, sedangkan sampel batulempung formasi Balikpapan pengaruh temperatur air cukup kuat dengan nilai (R^2) 0.791, formasi Pulau Balang pengaruh temperatur air sangat kuat dengan nilai (R^2) 0.9659. Untuk dominasi material pada lokasi penelitian didapatkan sampel batulanau formasi Balikpapan sebesar 60,17%, formasi Pulau Balang sebesar 61,06% sedangkan sampel batulempung formasi Balikpapan sebesar 54,51%, dan formasi Pulau Balang sebesar 61,87%.

Kata Kunci : *Claystone, Resistance, Grain Size, Slake Durability, Temperature*

1. Latar Belakang

Uji *slake durability* merupakan salah satu metode kuantitatif yang digunakan untuk mengukur ketahanan batuan terhadap pelapukan dan disintegrasi ketika mengalami kontak dengan air dan udara [1], [2], [3]. Metode ini banyak diterapkan dalam studi geoteknik untuk menentukan sejauh mana batuan dapat mempertahankan integritasnya dalam kondisi ekstrim [4], [5]. Uji *slake durability* mampu memberikan gambaran mengenai tingkat kerusakan

yang dialami batuan akibat siklus pengeringan dan pembasahan [6], [7].

Temperatur air merupakan salah satu variabel penting yang berpengaruh terhadap hasil uji *slake durability* [8]. Peningkatan temperatur air dapat mempercepat laju reaksi kimia dan fisik yang terjadi pada batuan selama proses pelapukan [9], [10]. Sehingga menyebabkan penurunan nilai indeks ketahanan batuan serta perubahan ukuran butir akibat disintegrasi yang lebih cepat [11], [12]. Hal ini menunjukkan bahwa

suhu yang lebih tinggi dapat mengakselerasi proses degradasi batuan selama siklus pengujian [13], [14].

Oleh karena itu, penelitian ini berupaya untuk menganalisis ketahanan dan pengaruh temperatur air pada siklus pengujian *slake durability*, batulempung dan batulanau kedua sampel batuan ini dipilih karena memiliki ukuran butir yang berbeda yang nantinya akan dilakukan pengujian ukuran butir untuk mengetahui dominasi material dari setiap lokasi penelitian, dengan menintegrasikan pengujian laboratorium sesuai standar [15].

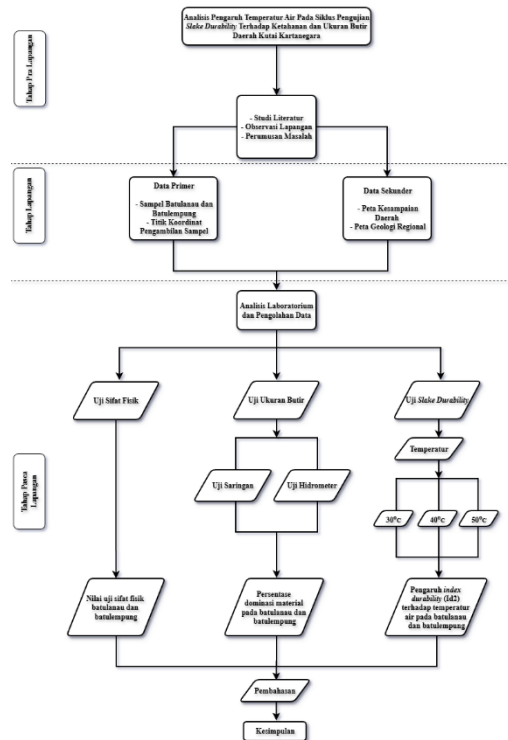
2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan gabungan antara teori dan data lapangan untuk memperoleh hasil yang representatif terhadap kondisi batuan di lokasi penelitian. Proses penelitian terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu tahap pra lapangan, tahap lapangan, dan tahap pasca lapangan.

Tahap pra lapangan meliputi studi literatur serta persiapan alat dan bahan penelitian [16]. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh referensi yang relevan dari buku, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu, sedangkan persiapan alat mencakup penggunaan alat pelindung diri (APD), palu geologi, GPS, komparator, neraca analitik, oven, ayakan, alat uji *slake durability*, alat uji *ukuran butir*, laptop serta perangkat lunak Microsoft Excel dan Word untuk pengolahan dan penyusunan data penelitian [17].

Tahap lapangan meliputi observasi dan pengambilan data [18]. Observasi dilakukan untuk menentukan lokasi penelitian dan kondisi geologi daerah, sedangkan pengambilan data terdiri atas data primer dan data sekunder [19]. Data primer berupa sampel batuan dan titik koordinat lokasi pengambilan menggunakan GPS, sedangkan data sekunder meliputi peta kesampaian daerah dan peta geologi regional yang diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS untuk menentukan posisi serta formasi batuan [20].

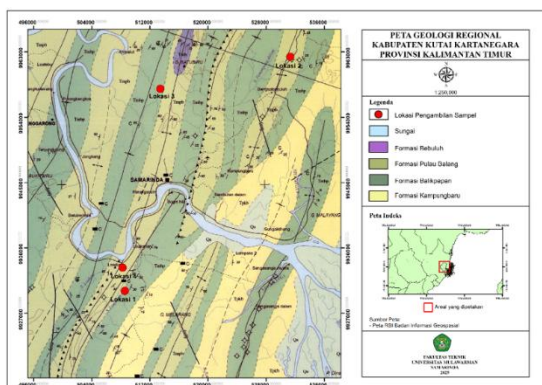
Tahap pasca lapangan mencakup preparasi sampel, pengujian laboratorium, dan analisis data. Seluruh preparasi sampel dan pengujian dilakukan sesuai standar. Pengujian laboratorium meliputi pengujian sifat fisik batuan, ketahanan *slake durability*, serta analisis ukuran butir dengan metode analisis saringan dan analisis hidrometer. Data hasil pengujian diolah menggunakan Microsoft Excel untuk memperoleh hubungan pengaruh temperatur air pada siklus pengujian *slake durability*, dan mengetahui dominasi material pada daerah penelitian. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis untuk memberikan gambaran mengenai temperatur air pada siklus pengujian *slake durability* dan dominasi material pada lokasi penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

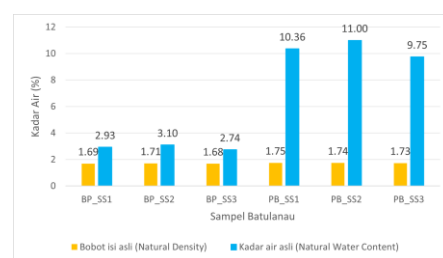
Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur, dengan sampel batulanau dan batulempung yang berasal dari Formasi Balikpapan dan Pulau Balang. Setiap formasi memiliki dua titik lokasi pengambilan sampel pada setiap formasi batuan, sehingga secara keseluruhan terdapat empat lokasi.



Gambar 2. Peta Geologi Regional Penelitian

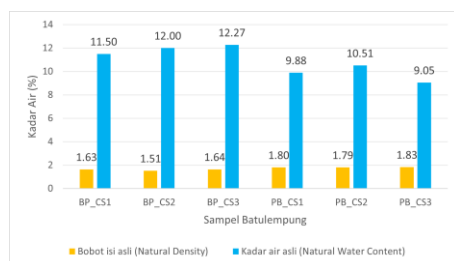
Berdasarkan Gambar 3 hasil pengujian sifat fisik pada batulanau yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa nilai bobot isi asli dan berat jenis pada lokasi

formasi Pulau Balang lebih tinggi dibandingkan lokasi formasi Balikpapan, namun untuk kadar air pada lokasi formasi Pulau Balang lebih rendah dibandingkan dengan lokasi formasi Balikpapan, sehingga dapat diketahui dari pengujian jika nilai berat jenis dan bobot isi rendah maka kadar air pada batuan tersebut akan tinggi begitupun sebaliknya jika kadar air rendah maka bobot isi dan berat jenis yang dihasilkan tinggi. Tingginya kandungan air pada batuan dapat mempengaruhi tingkat kekuatan suatu batuan, semakin tinggi kandungan air yang dihasilkan maka nilai kekuatan batuan akan kecil.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Bobot Isi Asli dan Kadar Air Batulanau

Berdasarkan Gambar 4 hasil pengujian sifat fisik pada batulempung yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa nilai bobot isi asli dan berat jenis pada kedua lokasi rendah, namun untuk kadar air pada kedua lokasi tinggi, sehingga dapat diketahui dari pengujian jika nilai berat jenis dan bobot isi rendah maka kadar air pada batuan tersebut akan tinggi begitupun sebaliknya jika kadar air rendah maka bobot isi dan berat jenis yang dihasilkan tinggi. Tingginya kandungan air pada batuan dapat mempengaruhi tingkat kekuatan suatu batuan, semakin tinggi kandungan air yang dihasilkan maka nilai kekuatan batuan akan kecil.

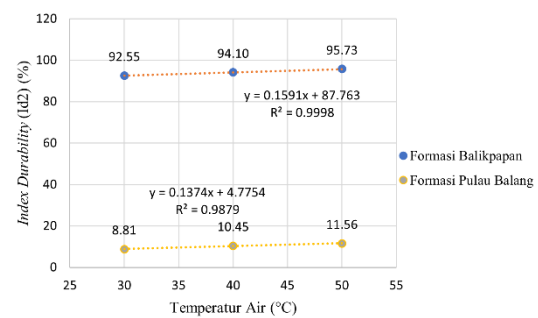


Gambar 4. Grafik Perbandingan Bobot Isi Asli dan Kadar Air Batulempung

Dari Tabel 1 didapatkan bahwa untuk lokasi sampel batulanau formasi Balikpapan pada Desa Purwajaya untuk dominasi batulanau sebanyak 60,17 %, untuk lokasi sampel batulanau formasi Pulau Balang pada Desa Tanah Datar untuk dominasi batulanau sebanyak 61,06 %. Sedangkan pada lokasi sampel batulempung formasi Balikpapan pada Desa Manunggal Jaya untuk dominasi batulempung sebanyak 54,51 %, untuk lokasi sampel batulempung formasi Pulau Balang pada Desa Loa Duri Ilir untuk dominasi batulempung sebanyak 61,87 %.

Tabel 1. Dominasi Material Lokasi Penelitian

No	Sampel	Lokasi	Sandstone %	Siltstone %	Claystone %
1	Batulanau Formasi Balikpapan	Desa Purwajaya	19,74	60,17	20,09
2	Batulanau Formasi Pulau Balang	Desa Tanah Datar	21,57	61,06	17,37
3	Batulempung Formasi Balikpapan	Desa Manunggal Jaya	22,16	23,33	54,51
4	Batulempung Formasi Pulau Balang	Desa Loa Duri Ilir	18,88	19,25	61,87

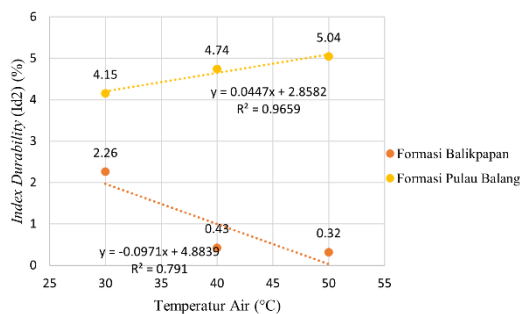


Gambar 5. Hubungan *Index Durability* (Id_2) dan Temperatur Air Batulanau

Gambar 5 diatas menunjukkan hubungan antara *index durability* (Id_2) dan temperatur air pada sampel batulanau formasi Balikpapan dan Pulau Balang dimana pada formasi Balikpapan menunjukkan nilai *index durability* yang sangat tinggi, berkisar di atas 90 %, dengan sedikit kecenderungan peningkatan seiring bertambahnya temperatur air. Persamaan regresi untuk batulanau formasi Balikpapan dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yang sangat mendekati satu, yaitu 0.9998. Nilai (R^2) ini mengindikasikan bahwa temperatur air memiliki pengaruh yang sangat kuat dan linear terhadap nilai *index durability* (Id_2) pada sampel batulanau formasi Balikpapan, meskipun perubahannya relatif kecil. Nilai durabilitas yang sangat tinggi ini menunjukkan bahwa batulanau formasi Balikpapan memiliki ketahanan yang luar biasa terhadap pelapukan dan perubahan temperatur air dalam rentang yang telah diuji.

Pada sampel batulanau formasi Pulau Balang menunjukkan nilai *index durability* (Id_2) yang rendah, nilai *index durability* (Id_2) hanya berkisar antara 8,81 % hingga 11,56 % pada rentang temperatur air 30°C hingga 50°C, nilai yang jauh di bawah 20 % ini secara jelas bahwa material sangat rentan terhadap pelapukan ketika pengujian berlangsung. Hasil persamaan regresi dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9879. Nilai (R^2) ini mengindikasikan bahwa menunjukkan hubungan linear yang kuat namun

peningkatan durabilitasnya sangat kecil dan tidak signifikan dari prespektif ketahanan material secara keseluruhan.



Gambar 6. Hubungan *Index Durability* (Id₂) dan Temperatur Air Batulempung

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara *index durability* (Id₂) dan temperatur air pada sampel batulempung formasi Balikpapan dan Pulau Balang dimana pada formasi Pulau Balang menunjukkan nilai *index durability* (Id₂) menunjukkan kecenderungan peningkatan seiring bertambahnya temperatur air, dimulai dari 4,15 % pada temperatur air 30°C hingga mencapai 5,04 % pada temperatur air 50°C. Hubungan linear ini diwakili oleh persamaan regresi dengan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,9659, mengindikasikan bahwa temperatur air memiliki pengaruh kuat terhadap ketahanan batulempung ini.

Sementara untuk sampel batulempung formasi Balikpapan menunjukkan pola yang berlawanan dimana nilai *index durability* (Id₂) menunjukkan penurunan drastis seiring kenaikan temperatur air, dimulai dari 2,26 % pada 30°C dan turun ke 0,32 % pada 50°C. Hasil hubungan *index durability* (Id₂) dan temperatur air didapatkan hasil persamaan regresi dengan nilai R² sebesar 0,791 menunjukkan bahwa peningkatan temperatur air memiliki pengaruh kuat secara signifikan menurunkan ketahanan sampel batulempung formasi Balikpapan, menjadikannya sangat rentan terhadap pelapukan pada temperatur air yang tinggi.

4. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, Ibu Dr. Ir. Hj. Revia Oktaviani, S. T., M. T dan Ibu Rety Winonazada, S.T., M. T., dosen penguji Bapak Ir. Tommy Trides, S. T., M. T., dan Bapak Ir. Albertus Juvensius Pontus, S. T., M. T., serta kepada semua pihak yang telah memberikan banyak bantuan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi hingga jurnal ini dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Y.-L. Yang and T. Zhang, "Effects of water intrusion on thermal conductivity and durability of carbonaceous rocks," *Soils Found.*, vol. 62, no. 1, p. 101102, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2021.101102>.
- [2] F. N. A. Pauzi, M. A. M. Ismail, M. Razali, N. Cheng, K. Date, and Y. Yokota, "Enhancing weathered slope stability assessment through the integration of slake durability index, elastic modulus of knocking ball, and electrical resistivity tomography," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, pp. 1–20, 2024, doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35143-3>.
- [3] I. M. Alatas and P. T. Simatupang, "Pengaruh proses pelapukan clay shale terhadap perubahan parameter rasio disintegritas (DR)," *J. Tek. Sipil ITB*, vol. 24, no. 1, pp. 77–82, 2017, doi: <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.1.9>.
- [4] J. A. Franklin and R. Chandra, "The slake-durability test," in *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, Elsevier, 1972, pp. 325–328. doi: [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(72\)90001-0](https://doi.org/10.1016/0148-9062(72)90001-0).
- [5] Q. Zhou *et al.*, "Rock fracture

- initiation under deep extreme in situ conditions: a review,” *J. Rock Mech. Geotech. Eng.*, vol. 16, no. 12, pp. 5297–5324, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2024.02.020>.
- [6] M. Misbahudin and I. A. Sadisun, “Analisis Ketahanan (Durability) Batulempung Formasi Subang Di Daerah Ujungjaya Dan Sekitarnya, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat,” *Bull. Geol.*, vol. 2, no. 1, pp. 163–174, 2018, doi: <https://doi.org/10.5614/bull.geol.2018.2.1.3>.
- [7] A. Rahman, A. Triantoro, and A. Mustofa, “Pengaruh pelapukan terhadap sifat fisik batuan dan tanah residual breksi vulkanik,” *J. Geosapta*, vol. 3, no. 2, 2017, doi: <https://doi.org/10.24843/geosapta.2017>.
- [8] N. K. Assolihat, K. Karyati, and M. Syafrudin, “Suhu Dan Kelembaban Tanah Pada Tiga Penggunaan Lahan Di Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur,” *ULIN J. Hutan Trop.*, vol. 3, no. 1, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.32522/ujht.v3i1.2344>.
- [9] Q. Tang, S. Akosah, I. Gratchev, and J.-H. Doh, “Evaluating the Impact of Elevated Temperatures on Engineering Properties of Sedimentary Rocks: Insights and Current Trends,” *GeoHazards*, vol. 7, no. 1, p. 19, 2026, doi: <https://doi.org/10.3390/geohazards7010019>.
- [10] F. Vagnon, D. Costanzo, A. M. Ferrero, M. R. Migliazza, L. Pastero, and G. Umili, “Simulation of temperature and chemical weathering effect on marble rocks,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 2021, p. 12068. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/833/1/012068>.
- [11] M. Kaspar, C. Latal, G. Pittino, and V. Reinprecht, “Degradation and Decay of Rocks: Linking Wetting–Drying and Slake Durability Tests for Climate-Sensitive Maintenance,” *Geotechnics*, vol. 5, no. 4, p. 84, 2025, doi: <https://doi.org/10.3390/geotechnics5040084>.
- [12] M. S. Rianse, E. Anshari, A. H. R. Ulfa, and T. U. Taliding, “Analisis Derajat Pelapukan Massa Batuan Menggunakan Analisis Petrografi dan Uji Kuat Tekan Uniaksial (UCS) Pada Penambangan Kaolin Daerah Semin, Gunung Kidul, Yogyakarta,” *OPHIOLITE J. Geol. Terap.*, vol. 7, no. 2, pp. 59–66, 2025, doi: <https://doi.org/10.56099/ophi.v7i2.p59-66>.
- [13] M. W. F. Widzar, R. Oktaviani, R. Winonazada, T. Trides, and A. J. Pontus, “The Analisis Pengaruh Temperatur Air Pada Siklus Pengujian Slake Durability Terhadap Ketahanan dan Ukuran Butir Batuan Daerah Kutai Kartanegara,” *Dewantara J. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 13–18, 2025, doi: <https://doi.org/10.59563/djtech.v5i2.301>.
- [14] K. Laitupa, “The Effects Of Weathering On Whole Rock Fractures By Laboratory Testing: Pengaruh Pelapukan Terhadap Rekahan Batuan Utuh Melalui Pengujian di Laboratorium,” *INTAN J. Penelit. Tambang*, vol. 3, no. 1, pp. 26–34, 2020, doi: <https://doi.org/10.56139/intan.v3i1.47>.
- [15] N. Afni, S. D. Dhevy, A. Winarno, R. Oktaviani, and W. Nugroho, “Analisis Pengaruh PH Air Terhadap Ketahanan Batulempung dengan Pengujian Durability Lokasi PT. RCI, Samarinda, Kalimantan Timur,” *J. Sos. Teknol.*, vol. 2, no. 8, pp. 711–717, 2022, doi: <https://doi.org/10.59188/jurnalsoste>

- ch.v2i8.396.
- [16] I. J. Suprayitno and M. Prihaswati, "Systematic Literature Review: Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning," *Symmetry Pas. J. Res. Math. Learn. Educ.*, vol. 10, no. 2, pp. 180–192, 2025, doi: <https://doi.org/10.23969/symmetry.v10i2.35439>.
 - [17] P. P. Roreng, J. B. Halik, and M. HALIK, "Systematic Literature Review: Kondisi Makroekonomi Indonesia Pasca Pandemi Covid-19 dan Prospek di Masa Mendatang," *J. Mark. Manag.*, vol. 2, no. 2, pp. 56–67, 2025, doi: <https://doi.org/10.63416/mrb.v2i2.306>.
 - [18] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*, Cetakan ke. Bandung: Alfabeta, 2020.
 - [19] D. U. Sutiksno, Ratnadewi, and W. Souisa, *Metode Penelitian Kuantitatif*. Purbalingga: Eureka Media Aksara, 2017. [Online]. Available: <http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB2.pdf>
 - [20] S. Miao, P.-Z. Pan, P. Konicek, P. Yu, and K. Liu, "Rock damage and fracturing induced by high static stress and slightly dynamic disturbance with acoustic emission and digital image correlation techniques," *J. Rock Mech. Geotech. Eng.*, vol. 13, no. 5, pp. 1002–1019, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.05.001>.