

Karakteristik Keteknikan Batulempung Formasi Bobonaro pada Rencana Pembangunan Observatorium Nasional Timau, Amfoang Tengah, Nusa Tenggara Timur

Engineering Characteristics of Claystone Bobonaro Formation at Timau National Observatory Development Plan, Central Amfoang, South East Nusa

Arie Setiawan¹, Imam A. Sadisun², Rifki Asrul Sani^{*3},

^{1,2}Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung, Bandung

³ Teknik Pertambangan, Politeknik Islam Syech Salman Al-Farisi, Tapin

Corr Author: ¹ariegeologi08@gmail.com, ²iasadisun@itb.ac.id, ^{*3}kang.sani.geologi@gmail.com

ABSTRAK

Keberadaan batulempung dalam suatu wilayah yang direncanakan dalam hal perencanaan infrastruktur sering menjadi penyebab permasalahan maupun kegagalan keteknikan. Hal tersebut berhubungan dengan karakteristik batuan tersebut yang mudah hancur dalam waktu yang cepat ketika tersingkap ke permukaan maupun saat terjadi interaksi atau kontak dengan air. Lokasi penelitian ini dilaksanakan pada area rencana pembangunan Observatorium Nasional Timau, Amfoang Tengah, Nusa Tenggara Timur dengan keberadaan batulempung Formasi Bobonaro sebagai salah satu material penyusun wilayah perbukitannya. Penggunaan metode dalam penelitian ini adalah pengamatan kondisi batulempung di permukaan, identifikasi data pengeboran teknik dan pengujian laboratorium untuk memperoleh karakteristik fisik dan mekanik, dengan contoh batuan dengan kondisi terganggu dan tidak terganggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batulempung Formasi Bobonaro memiliki karakteristik keteknikan yang spesifik, serta terbagi atas empat kelas derajat pelapukan yakni derajat pelapukan II, III, IV dan V. Karakteristik keteknikan berupa berat isi, nilai kohesi dan sudut geser dalam mengalami penurunan seiring dengan peningkatan derajat pelapukan. Selain itu, berdasarkan hasil uji lab dan analisis pada batulempung Formasi Bobonaro ini menunjukkan bahwa batuan tersebut rentan terhadap proses pelapukan dengan nilai indeks slake durability yang rendah – sangat rendah, serta nilai aktivitas atau potensi mengembang rendah - sedang.

Kata-kata kunci: durabilitas batulempung, Formasi Bobonaro, karakteristik keteknikan, potensi mengembang

ABSTRACT

The existence claystones in infrastructure development area often causes problems and failures in engineering activities. This is related to their characteristics which is often easily destroyed in a short time when exposed to the surface and contact or interacts with water. The research location was carried out at the location of the Timau National Observatory development plan, Central Amfoang, South East Nusa with claystone of the Bobonaro Formation as hilly terrain rock forming material. The method used in this research is observing the condition of claystone on the surface, technical drilling identification data and laboratory testing to obtain physical and mechanical characteristics, with rock samples in disturbed and undisturbed conditions. The results showed that the claystone of the Bobonaro Formation has specific characteristics, and divided into four classes of weathering degrees consists as II, III, IV and V weathering degrees. Engineering characteristics such as bulk weight, cohesion values and internal shear angle are decreasing as the weathering degree increases. Furthermore, based on laboratory and analysis data shows that the claystone of the Bobonaro Formation is susceptible to weathering processes with low - very low slake durability index values and low - moderate activity or swelling potential.

Keywords: claystone durability, Bobonaro Formation, engineering characteristics, swelling potential

Submitted: 22-11-2022; Revised: 29-02-2024; Accepted: 25-04-2024; Available Online: 29-07-2024

Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

This is an open access article under the CC BYND license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

©2024, Geosapta

PENDAHULUAN

Batulempung yang termasuk dalam kelompok batuan sedimen berbutir halus memiliki beberapa karakteristik seperti sifat mengembang, mudah mengalami proses disintegrasi (mudah hancur) saat kondisi tersingkap dan atau berinteraksi dengan air, sehingga berdampak buruk yakni dapat menyebabkan kegagalan dalam pembangunan infrastruktur [1], [2], dan [3]. Beberapa contoh atau kasus dampak buruk akibat keberadaan batuan ini diantaranya adalah terjadinya kerusakan pada ruas jalan (baik jalan arteri maupun tol), ketidakstabilan pada pondasi bangunan, serta keruntuhan lereng [3] dan [4].

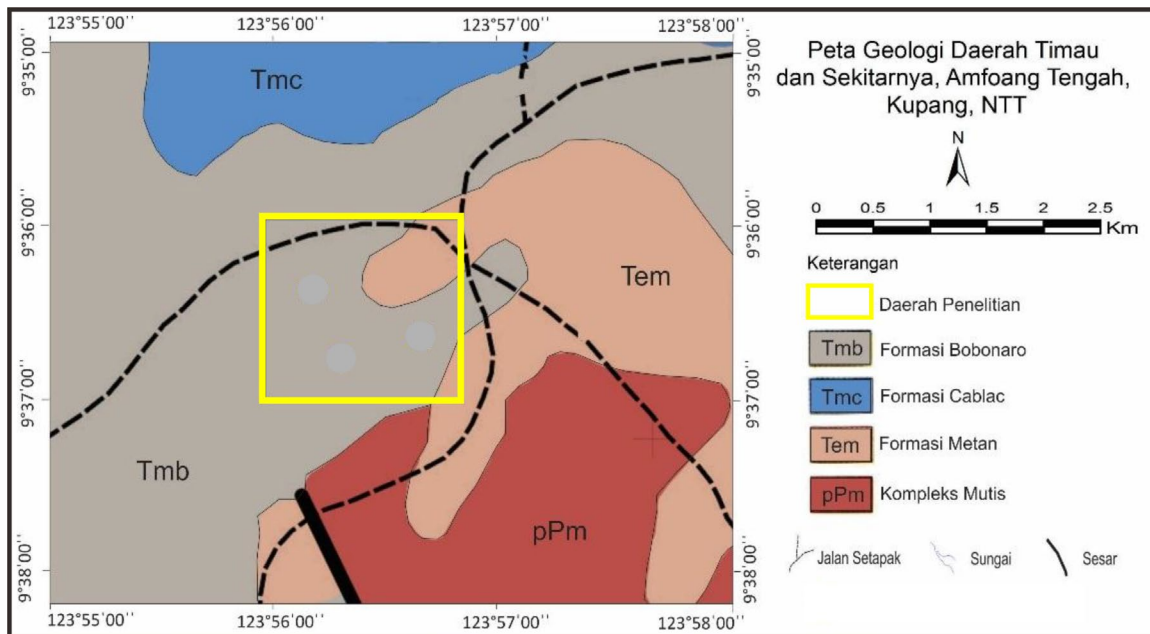
Beberapa contoh kasus yang berkaitan dengan keberadaan batulempung dalam pembangunan infrastruktur diantaranya adalah kerusakan badan jalan dan longsoran di Ruas Jalan Tol Cipali dan Cipularang [2], area pembangunan Wisma Atlet Hambalang [4], dan rencana pembangunan Ruas Jalan Tol Cisumdawu [5].

Wilayah Amfoang Tengah yang terletak di Kabupaten Kupang dan direncanakan akan dibangun Observatorium Nasional, didominasi oleh litologi batulempung Formasi Bobonaro yang memerlukan penanganan cermat dan tepat. Wilayah ini berada di kawasan hutan lindung lereng Gunung Timau, berada pada

ketinggian sekitar 1300 mdpl, bentuk morfologi berupa perbukitan dan memiliki kondisi pelapukan batuan yang terus berkembang [3]. Tujuan dari penelitian ini adalah dalam hal identifikasi karakteristik batulempung Formasi Bobonaro pada setiap variasi derajat pelapukannya, dalam hal aspek fisik serta keteknikannya. Sehingga diperoleh parameter yang spesifik dalam hal rekayasa keteknikan pada wilayah rencana pembangunan observatorium.

Beberapa peneliti [6] dan [7] mengemukakan bahwa Formasi Bobonaro (Tmb) sebagai litologi dominan yang menyusun daerah penelitian berumur Miosen. Tersusun atas fragmen batuan berukuran bongkah dengan matriks lempung yang mengandung foraminifera. Terbagi kedalam dua bagian, yaitu lempung bersisik yang

memiliki ciri-ciri batuan lunak, warna abu-abu, hijau keabuan, kehijauan, merah kecoklatan, dan merah tua. Batulempung bersisik ini merupakan matriks dari formasi batuan yang lebih tua dengan bermacam-macam ukuran berasal dari Formasi Cablac (Tmc) yang tersusun atas batugamping, Formasi Metan (Tem) yang tersusun atas rijang, lava bantal, batuan ultrabasa dan batugamping krinoida, serta batuan dari Komplek Mutis (pPm). Kondisi ketebalan dari kompleks batuan Formasi Bobonaro (Tmb) bervariasi serta sulit diperkirakan karena karakteristik fisiknya. Gambar-1 menunjukkan gambaran geologi daerah penelitian, dimana rencana lokasi pembangunan Observatorium Timau berada diatas litologi batulempung Formasi Bobonaro [2].



Gambar-1. Kondisi geologi daerah penelitian (digambar ulang dari Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua [2]).

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dibagi menjadi beberapa tahapan agar penelitian yang dilakukan sistematis, optimal, serta tujuan penelitian tercapai. Tahapan penelitian tersebut meliputi studi literatur, pekerjaan lapangan, uji laboratorium dan analisis studio. Beberapa acuan dalam penelitian ini diantaranya adalah menggunakan metode sebagaimana [3], [8], [9] dan [10].

Observasi Lapangan

Kegiatan ini meliputi serangkaian prosedur berupa pengamatan singkapan batuan dan pelapukannya, topografi, kondisi lereng, dan bentuk atau geometrinya, serta pengamatan gejala dan gerakan tanah yang sudah terjadi di sekitar daerah penelitian. Pengamatan karakteristik derajat pelapukan pada batulempung dilakukan berdasarkan sistem klasifikasi [11] dan [12] yang membagi derajat pelapukan menjadi enam kelas mulai batuan dasar hingga material tanah residu.

Pengeboran Teknik

Kegiatan atau pekerjaan ini dilakukan untuk mengetahui informasi bawah permukaan berdasarkan pengamatan inti bor. Data atau informasi yang diperoleh berupa susunan batuan secara vertikal seperti ketebalan dan jenis batuan. Selama pelaksanaan pengeboran teknik,

dilakukan pula pengujian SPT (*standard penetration test*). Tujuan utama pengeboran teknik adalah untuk memastikan ketebalan dari batulempung Formasi Bobonaro serta variasi derajat pelapukannya.

Pengujian SPT

Kegiatan ini bertujuan untuk mengukur kekuatan batuan atau tanah terhadap tekanan dinamis (*dynamic penetration*) pada kedalaman tertentu. Uji penetrasi standar dilaksanakan melalui mekanisme dengan menjatuhkan beban seberat 63,5 kg dari ketinggian 76 cm dan menghitung jumlah pukulan sebanyak 3 kali dengan interval 15 cm. Pukulan untuk interval 15 cm pertama diabaikan, sementara jumlah pukulan untuk interval 2 kali 15 cm terakhir selanjutnya diakumulasi [13].

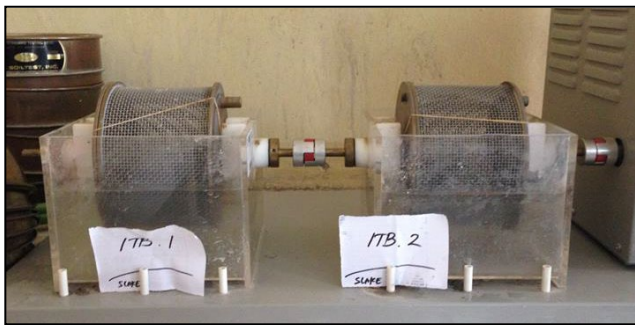
Pengambilan Sampel Batuan

Sampel-sampel batuan, dalam hal ini batulempung Formasi Bobonaro, diambil untuk keperluan laboratorium yang kegiatannya bersamaan dengan pelaksanaan pekerjaan pengeboran. Teknik pengambilan sampel dan tindakan penanganan setelah pengambilan akan menentukan tingkat ketelitian data yang diperoleh. Dengan demikian, tingkat ketelitian data yang tinggi memerlukan teknik pengambilan sampel dengan kondisi tak terganggu (*undisturbed samples*) dan penanganan yang harus hati-hati agar tidak mengubah kondisi sampel mulai

dari lapangan hingga laboratorium. Selain itu pengambilan sampel permukaan pada singkapan juga dilakukan dengan kondisi terganggu (*disturbed samples*).

Pengujian Laboratorium

Prosedur ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Batuan, dimana bertujuan untuk mendapatkan informasi sifat-sifat fisik, sifat mekanik, serta *slake durability index*. Pengujian sifat-sifat fisik yang dilakukan untuk memperoleh data variasi besar butir, nilai kadar air, berat isi (baik berat isi kering maupun basah), angka pori, porositas, berat jenis batuan, derajat kejenuhan, dan batas-batas Atterberg. Pengujian sifat-sifat mekanik dilakukan untuk mengukur besarnya nilai kuat geser. Pengujian *slake durability* (Gambar-2) dilakukan untuk mengetahui kerentanan contoh batuan terhadap proses slaking.



Gambar-2. Alat pengujian *slake durability*.

HASIL DAN DISKUSI

Material penyusun daerah penelitian utamanya berupa batulempung yang tidak resisten terhadap erosi dan kontrol kekar-kekar pada batuan, sehingga memungkinkan air mengalir dan membentuk pola pengaliran yang mengikuti sistem kekar dan tingkat resistensi batulempung. Batulempung Formasi Bobonaro memiliki karakteristik fisik berwarna abu-abu gelap sampai abu-abu kecoklatan, keras untuk derajat pelapukan ringan – sedang dan lunak untuk derajat pelapukan kuat – sempurna, sebagian besar non-karbonatan (Gambar-3).

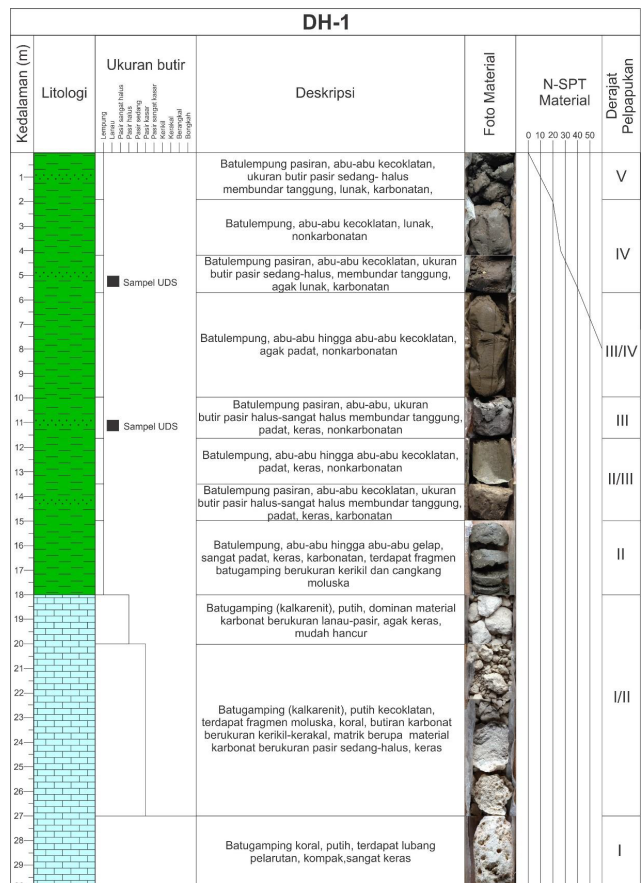
Dalam penelitian ini selain dilakukan observasi dan pengambilan contoh batuan tidak terganggu yang tersingkap di permukaan, dilakukan pula kegiatan pengeboran inti sebanyak tiga titik dengan kedalaman masing-masing 30 m serta dilakukan uji penetrasi standar (Gambar-4, 5, dan 6). Pada masing-masing inti bor, setiap kedalaman 5 – 5,5 m dan 11 – 11,5 m dilakukan pengambilan contoh batuan tidak terganggu yang selanjutnya akan di uji laboratorium. Berdasarkan data inti bor, terlihat litologi penyusun pada bagian bawah berupa batugamping yang diduga merupakan batugamping Formasi Cablac, kemudian di atasnya terdapat batulempung Formasi Bobonaro dengan ketebalan tertentu. Batulempung pada bor DH-1 memiliki ketebalan 18 m dengan nilai penetrasi standar >50 pada kedalaman 8 m, bor DH-2 memiliki ketebalan 15 m dengan nilai penetrasi standar >50 pada kedalaman 6 m, dan bor DH-3 memiliki ketebalan 14 m dengan nilai penetrasi standar >50 pada kedalaman 9 m.



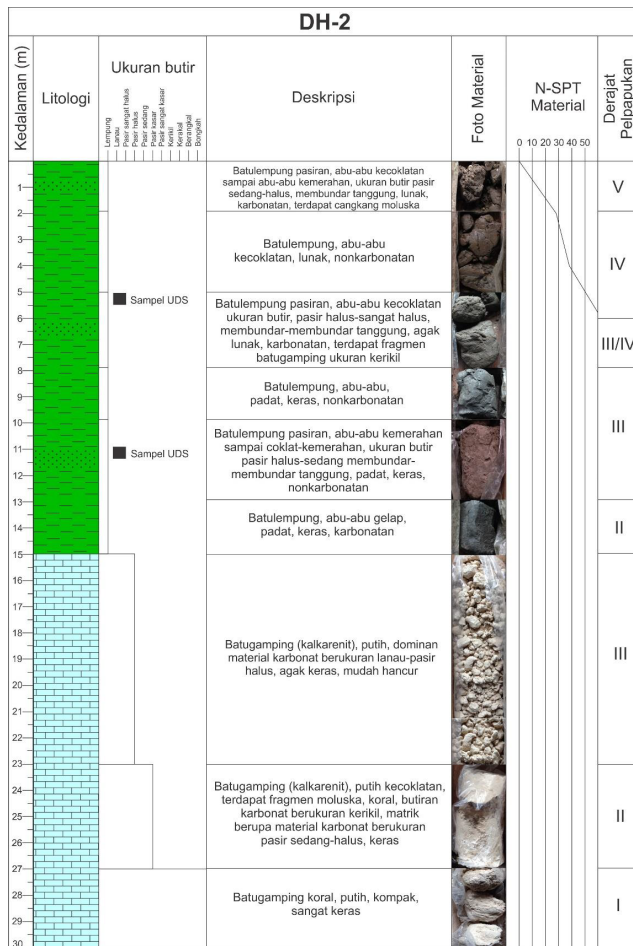
Gambar-3. Singkapan dan contoh batulempung Formasi Bobonaro yang diambil di lokasi penelitian [3].

Korelasi inti bor berarah baratdaya - timurlaut dilakukan dalam hal interpretasi batas sebaran batuan penyusun pada penampang lereng dengan didukung oleh data stasiun pengamatan singkapan (Gambar-7). Dari inti bor dan contoh batulempung permukaan menunjukkan variasi derajat pelapukan batulempung dengan karakteristik yang spesifik sebagaimana dapat dilihat pada Tabel-1.

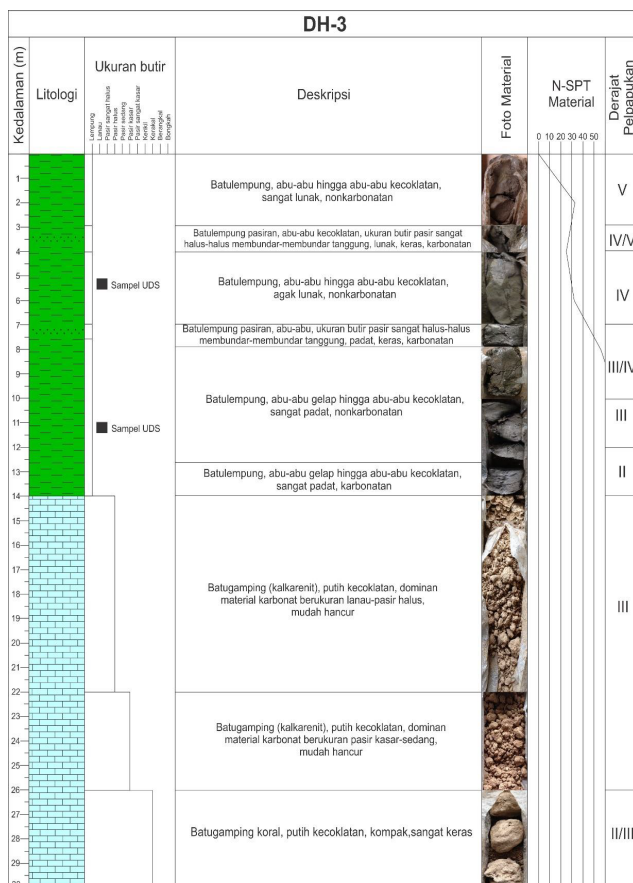
Pada beberapa lokasi di daerah penelitian menunjukkan perilaku penurunan durabilitas sebagai fungsi dari waktu, hasil interaksi dengan udara dan air. Hal ini sering menghasilkan kenampakan berupa hancurnya material batuan, adanya retakan dan terkelupasnya lapisan permukaan dalam waktu tertentu. Perilaku slaking ini terjadi pada sebagian besar batulempung Formasi Bobonaro di lokasi penelitian.



Gambar-4. Profil pengeboran teknik DH-1.



Gambar-5. Profil pengeboran teknik DH-2.



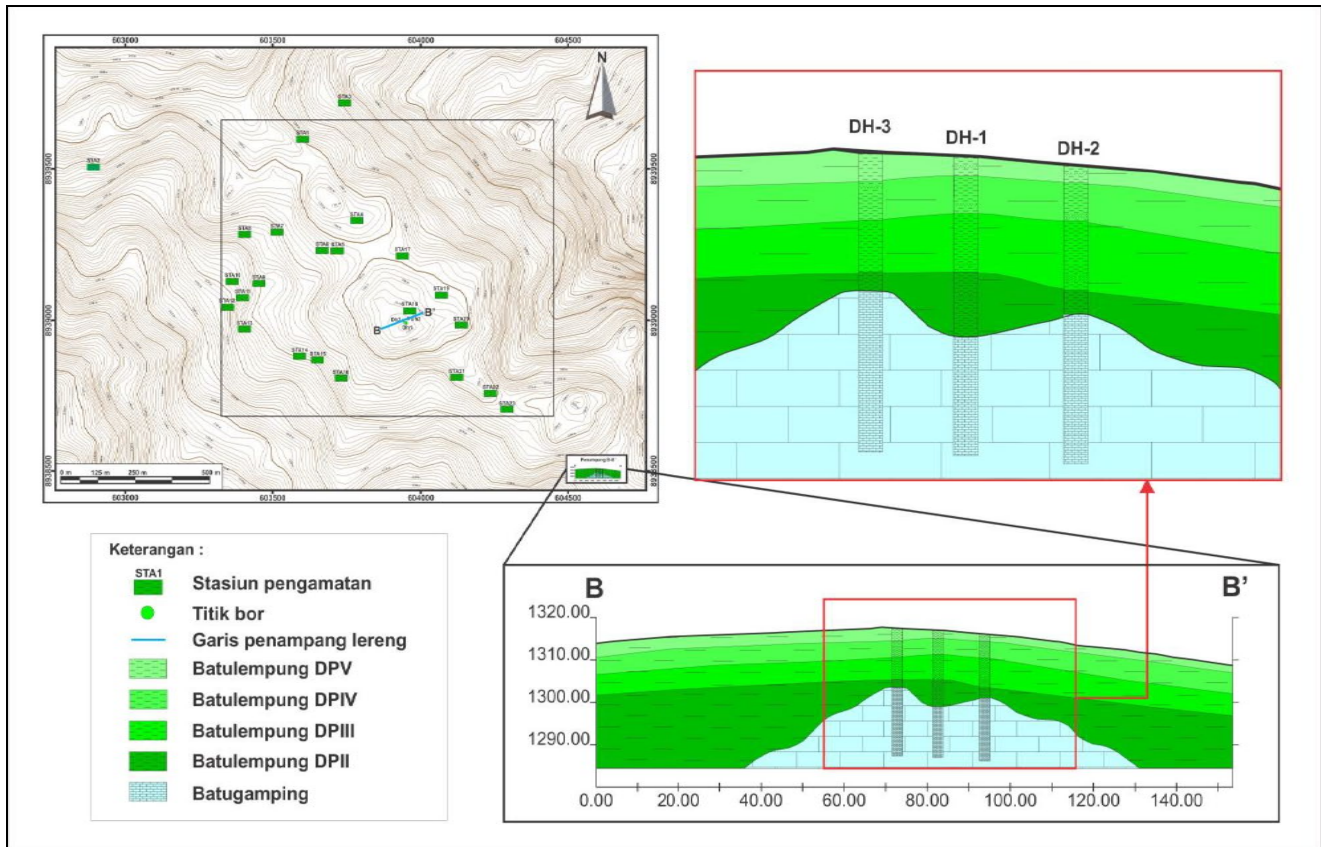
Gambar-6. Profil pengeboran teknik DH-3.

Gejala slaking yang terdapat di lapangan menunjukkan kenampakan hancurnya material batulempung yang mengindikasikan tingkat ketahanan batuan yang berkurang akibat tersingkap ke permukaan. Pada jarak dekat, dapat diamati, bagian permukaan terkelupas membentuk pola struktur konkoidal serta didukung oleh retakan-retakan intensif yang terjadi (Gambar-8). Untuk mengetahui karakteristik sifat keteknikan dari batulempung Formasi Bobonaro di daerah penelitian, telah dilakukan pengujian laboratorium terhadap beberapa contoh dari inti bor dan contoh yang diambil pada beberapa lokasi representatif dari setiap derajat pelapukannya. Pengujian laboratorium yang dilakukan untuk memperoleh parameter sifat fisik dan mekanik batulempung. Rangkuman hasil pengujian contoh batuan berupa berat jenis, berat isi asli, berat isi kering, kadar air, porositas, angka pori serta derajat kejenuhan dapat dilihat pada Tabel-2. Terjadi kenaikan nilai kadar air, angka pori dan porositas seiring dengan meningkatnya derajat pelapukan batulempung.

Sementara itu, Gambar 9 menunjukkan hubungan antara batas cair dan indeks plastisitas yang mencerminkan jenis tanah atau batuan. Berdasarkan klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) sebagian besar contoh yang diuji berada dalam kategori lempung dengan plastisitas tinggi (CH) dan sebagian lainnya berada dalam kategori lanau dengan plastisitas tinggi (MH) dan lanau dengan plastisitas rendah (ML) (Gambar-9). Secara umum pengujian batas-batas Atterberg menunjukkan nilai batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya derajat pelapukan batuan (Gambar-10).

Berdasarkan metode [14], [15], [16], dan [17], aktivitas (potensi mengembang) batulempung Formasi Bobonaro dapat diperkirakan melalui pemanfaatan data indeks plastisitas dan persentase kandungan partikel lempungnya. Dari data-data tersebut, diperoleh nilai aktivitas batulempung pada derajat pelapukan II berkisar 0,21 – 0,27 (potensi mengembang rendah), derajat pelapukan III berkisar 0,42 – 0,43 (potensi mengembang rendah), derajat pelapukan IV berkisar 0,36 – 0,69 (potensi mengembang rendah), dan derajat pelapukan V berkisar 0,53 – 0,87 (potensi mengembang sedang) (Tabel-3). Selanjutnya diperoleh nilai aktivitas batulempung pada derajat pelapukan II berkisar 0,24 – 0,30 (potensi mengembang rendah dibawah 1,5 %), derajat pelapukan III berkisar 0,45 – 0,46 (potensi mengembang rendah, dibawah 1,5 %), derajat pelapukan IV berkisar 0,39 – 0,79 (potensi mengembang rendah, dibawah 1,5 %), dan derajat pelapukan V berkisar 0,58 – 0,96 (potensi mengembang sedang, dibawah 5%) (Gambar-11). Dari nilai-nilai aktivitas memperlihatkan bahwa nilai aktivitas batulempung akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya derajat pelapukan (Gambar-12).

Pengujian *slake durability* dilakukan pada contoh yang mendekati kondisi batuan, yakni pada batulempung Formasi Bobonaro derajat pelapukan II dengan kode contoh STA 1 dan STA 2. Nilai indeks durabilitas contoh STA 1 dan STA 2 pada siklus kedua (Id2) sebesar 5,28 % dan 54 % yang tergolong kelas sangat rendah dan rendah (Tabel-4 dan Gambar-13). Hal ini menunjukkan bahwa batulempung Formasi Bobonaro pada derajat pelapukan II rentan terhadap proses pelapukan.



Gambar-7. Korelasi inti bor daerah penelitian beserta variasi derajat pelapukan berarah baratdaya - timurlaut

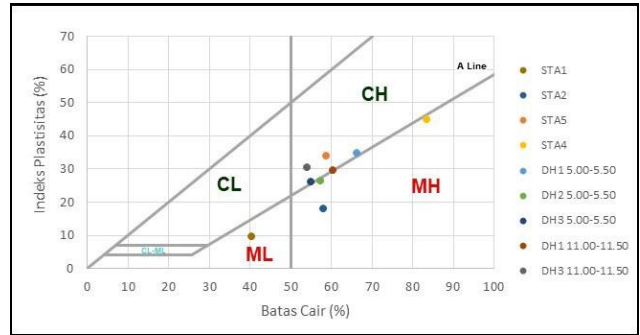
Tabel-1. Kondisi derajat pelapukan pada batulempung Formasi Bobonaro di daerah penelitian [3].

Terminologi	Derajat	Deskripsi
Lapuk sempurna	V	Batulempung pada derajat pelapukan ini berupa material lunak hingga sangat lunak, terjadi perubahan warna pada batuan menjadi coklat keabuan. Kondisi tekstur serta struktur dari batulempung sulit untuk diidentifikasi, N-SPT berada pada rentang 20 - 33. Pada pengamatan intibor DH-1, batulempung ini berada di kedalaman 0 – 2 m, DH-2 di kedalaman 0 – 2 m, dan DH-3 di kedalaman 0 – 3 m.
Lapuk kuat	IV	Batulempung pada derajat pelapukan ini berupa material teguh-lunak, sebagian besar massa dasar batuan terdisintegrasi menjadi bagian yang lebih kecil (<i>loose material</i>). Perubahan warna yang terjadi pada batulempung tampak lebih jelas, terutama pada rekahan maupun permukaan sisi batulempung menjadi abu-abu kecoklatan hingga coklat keabuan, N-SPT berada pada rentang 25 - >50. Pada pengamatan intibor DH-1, batulempung ini berada di kedalaman 2 – 5,6 m, DH-2 di kedalaman 2 – 5,9 m, dan DH-3 di kedalaman 3 – 7 m.
Lapuk sedang	III	Batulempung pada derajat pelapukan ini masih berupa material yang keras dan padat, namun sebagian kecil massa dasar batuan terdisintegrasi menjadi bagian yang lebih kecil. Perubahan warna batulempung mulai tampak jelas terutama pada rekahan maupun permukaan sisi batulempung menjadi berwarna abu-abu lebih pudar hingga abu-abu kecoklatan, dan N-SPT >50. Pada pengamatan intibor DH-1, batulempung ini berada di kedalaman 5.6 – 11.6 m, DH-2 di kedalaman 5,9 – 13 m, dan DH-3 di kedalaman 7 – 12 m.
Lapuk ringan	II	Batulempung pada derajat pelapukan ini berupa material batuan yang keras dan padat, berwarna abu-abu gelap, beberapa bagian sisi batuan (pada permukaan atau tepi bidang diskontinuitas) berwarna abu-abu kecoklatan yang menunjukkan mulai terjadinya proses pelapukan dengan N-SPT >50. Pada pengamatan intibor DH-1, batulempung ini berada di kedalaman 11,6 – 18 m, DH-2 di kedalaman 13 – 15 m, dan DH-3 kedalaman 12 – 14 m.

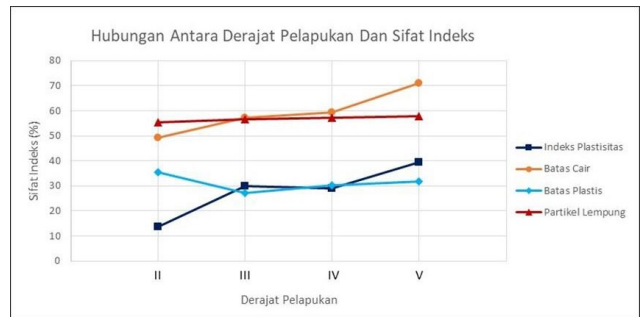


Gambar-8. Gejala slaking berupa hancurnya material yang terjadi pada batulempung Formasi Bobonaro [2].

Contoh yang diuji menunjukkan bahwa contoh mengalami proses slaking dengan jenis *body slaking* dan *dispersion*. Proses *body slaking* dan *dispersion* ini ditunjukkan dengan kondisi contoh yang terdisintegrasi menjadi material-material yang lebih kecil dan mengalami kehilangan massa akibat sebagian material mengendap atau berubah menjadi suspensi (Gambar-14) pada saat contoh diputar di dalam drum pada bak yang berisi air. Proses *body slaking* dan *dispersion* ini terus terjadi dari siklus pertama sampai siklus ketiga.



Gambar-9. Grafik hubungan antara batas cair dengan indeks plastisitas pada contoh batulempung Formasi Bobonaro.



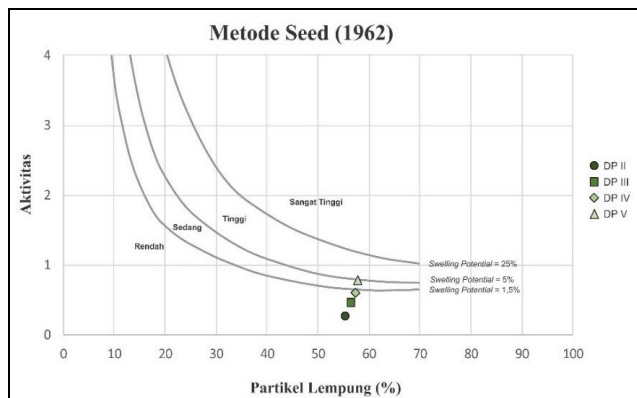
Gambar-10. Grafik hubungan antara derajat pelapukan dengan sifat indeks batulempung Formasi Bobonaro (batas-batas Atterberg dan persentase partikel lempung).

Tabel-2. Nilai kadar air (W_n), berat isi asli (γ_n), berat isi kering (γ_d), angka pori (e), porositas (n), derajat kejenuhan (S_r), dan berat jenis (G_s) batulempung Formasi Bobonaro pada setiap variasi derajat pelapukan.

Derajat pelapukan	W_n (%)	γ_n (gr/cm ³)	γ_d (gr/cm ³)	e	n (%)	S_r (%)	G_s
V	26,67-35,69	1,53-1,89	1,13-1,49	0,81-1,3	44,88-56,58	71,31-88,9	2,6-2,71
IV	15,03-29,78	1,88-1,98	1,45-1,7	0,56-0,81	36-45	66,61-96,59	2,62-2,66
III	15,99-22,8	1,90-2,01	1,55-1,74	0,51-0,69	34-41	73,38-86,74	2,63-2,68
II	16,74-20,85	2-2,11	1,65-1,81	0,48-0,56	32,71-36,06	92,86-95,68	2,6-2,7

Tabel-3. Nilai aktivitas dan potensi mengembang batulempung Formasi Bobonaro pada setiap variasi derajat pelapukan berdasarkan metode [14], [15], [16], dan [17].

DP	PI (%)	LL (%)	Partikel Lempung (%)	Nilai Aktivitas-1 [11]	Nilai Aktivitas-2 [12]	Potensi Mengembang
V	34,03-44,87	58,89-83,45	51,58-64,18	0,53-0,87	0,58-0,96	Sedang
IV	26,17-34,83	55-66,3	38,43-72,59	0,36-0,69	0,39-0,79	Rendah
III	29,68-30,46	54,05-60,4	27,81-72,3	0,42-0,43	0,45-0,46	Rendah
II	9,59-17,88	40,42-58,09	45,38-65,44	0,21-0,27	0,24-0,30	Rendah



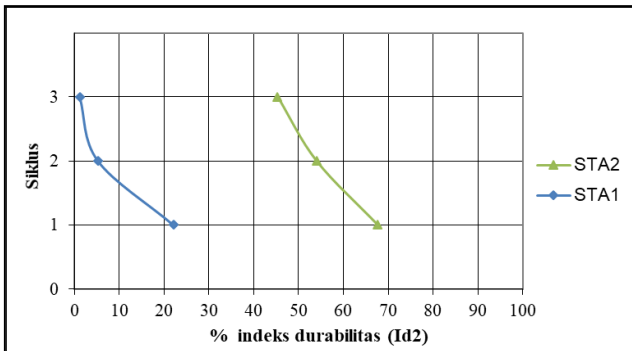
Gambar-11. Grafik hubungan antara persentase partikel lempung dengan aktivitas menurut metode [15].



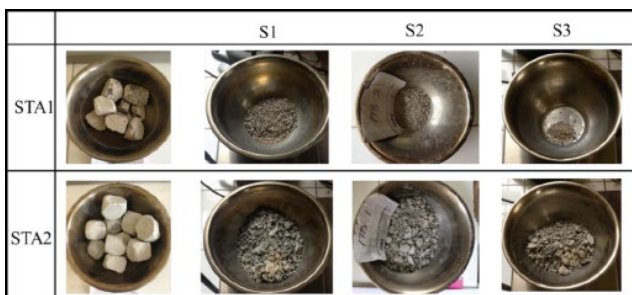
Gambar-12. Grafik hubungan antara derajat pelapukan dengan aktivitas pada batulempung Formasi Bobonaro.

Tabel-4. *Slake durability indeks* pada contoh batulempung Formasi Bobonaro [3].

Contoh	Kedalaman (m)	Indeks Slake Durability			
		Id1 (%)	Id2 (%)	Id3 (%)	Indeks
STA-1	-	22,13	5,28	1,23	Sangat rendah
STA-2	-	67,69	54	45,33	Rendah



Gambar-13. Grafik indeks durabilitas pada contoh batulempung Formasi Bobonaro.

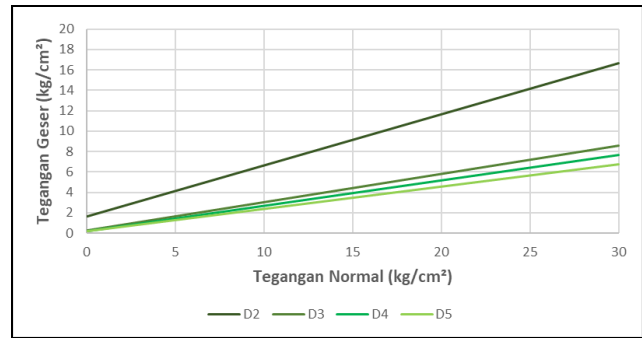


Gambar-14. Contoh batulempung Formasi Bobonaro yang dilakukan pengujian *slake durability* [3].

Parameter nilai kuat geser yang diperoleh dari uji geser langsung adalah nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Uji geser langsung yang dilakukan pada contoh batulempung bertujuan untuk mengetahui hubungan antara nilai parameter kuat geser terhadap derajat pelapukan batulempung Formasi Bobonaro (Tabel-5 dan Gambar-15). Dari nilai-nilai tersebut, memperlihatkan bahwa parameter kuat geser yang berupa nilai kohesi dan sudut geser dalam mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya derajat pelapukan pada batulempung Formasi Bobonaro.

Tabel-5. Parameter kuat geser pada setiap derajat pelapukan batulempung Formasi Bobonaro [3].

Derajat Pelapukan	c (kg/cm ²)	ϕ (°)
V	0,14 – 0,23	8,34 – 14,49
IV	0,2 – 0,23	10,64 – 18,64
III	0,22 – 0,35	11,8 – 20,6
II	1,51 – 1,96	25,57 – 29,82



Gambar-15. Grafik kuat geser sebagai fungsi perubahan derajat pelapukan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Batulempung Formasi Bobonaro di daerah penelitian dibedakan atas empat derajat pelapukan, yakni derajat pelapukan II (pelapukan ringan), III (pelapukan sedang), IV (pelapukan kuat), dan V (pelapukan sempurna) dengan karakteristik yang spesifik untuk masing-masing tingkat derajat pelapukannya;
2. Nilai dari kadar air, batas-batas Atterberg, angka pori, porositas, persentase partikel lempung, dan aktivitas cenderung mengalami peningkatan nilai terhadap penurunan nilai parameter kuat geser dan kenaikan derajat pelapukannya, kecuali nilai berat isi yang mengalami penurunan terhadap fungsi penurunan dari nilai parameter kuat geser dan kenaikan derajat pelapukannya;
3. Nilai dari berat isi batulempung, kohesi, dan sudut geser dalam mengalami penurunan seiring dengan peningkatan kondisi derajat pelapukan;
4. Semakin tinggi derajat pelapukannya, semakin tinggi pula aktivitas (potensi mengembang) dari batulempung Formasi Bobonaro. Batulempung pada derajat pelapukan II menunjukkan nilai aktivitas 0,21 – 0,30 (rendah) dengan potensi mengembang dibawah 1,5%, derajat pelapukan III 0,42 – 0,46 (rendah) dengan potensi mengembang dibawah 1,5%, derajat pelapukan IV 0,36 – 0,79 (rendah) dengan potensi mengembang dibawah 1,5%, dan derajat pelapukan V 0,53 – 0,96 (sedang) dengan potensi mengembang dibawah 5%.

Sementara itu, saran atau rekomendasi berdasarkan karakteristik batulempung yang diperoleh pada rencana lokasi Observatorium Nasional Timau adalah diperlukan kajian dan penelitian terkait analisis kestabilan pada lereng-lereng di Area Amfoang, terutama pada lereng utama yang akan dibangun observatorium serta infrastruktur pendukung lain seperti akses jalan dan pondasi bangunan pendukung lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Pusat Sains Antariksa (LAPAN) yang telah membantu dalam hal pengambilan dan penyediaan data dalam penelitian. Terimakasih pula diucapkan kepada rekan-rekan asisten Laboratorium Geologi Teknik ITB serta mahasiswa Magister Teknik Geologi Angkatan 2016 atas masukan, kritik serta saran terhadap kegiatan penelitian dan selama proses

pengamatan di lapangan, pengujian laboratorium hingga laporan hasil kegiatan penelitian.

DAFTAR ACUAN

- [1] Sadisun, I.A. (1998). Pengaruh Pelapukan Batulempung Formasi Subang terhadap Beberapa Sifat Keteknikannya guna Menunjang Efektivitas Pemilihan Desain Perkuatan Lereng. *Prosiding Institut Teknologi Bandung*. Bandung.
- [2] Misbahudin. (2017). Karakterisasi Durabilitas Batuan Lumpur (Mud Rock) dengan Menggunakan Uji Indeks Disintegrasi. *Tesis*. Program Studi Magister Teknik Geologi. ITB.
- [3] Setiawan, A., Sadisun, I.A., & Sani, R.A. (2023). Efek Derajat Pelapukan Batulempung Formasi Bobonaro terhadap Kestabilan Lereng pada Rencana Lokasi Observatorium Nasional Timau di Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. *Bulletin of Geology*, 7, 1155-1167.
- [4] Sani, R.A., Muslim, D., Zakaria, Z., & Misbahudin. (2017). Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Pada Bukit Hambalang Bagian Selatan, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 8, 143-152.
- [5] Misbahudin & Sadisun, I.A. (2019). Karakterisasi Durabilitas Batulempung Menggunakan Uji Indeks Disintegrasi: Studi Kasus pada Lokasi Rencana Jalan Tol Cisumdawu di Daerah Ujungjaya, Sumedang, Jawa Barat. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 10, 1-14.
- [6] Rosidi, H.M.D., Tjokrosoepoetro, S., & Gafoer, S. (1996). *Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua, Timor, Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [7] Bachri, S. & Permana, A.K. (2015). Tektonostratigrafi Cekungan Timor di Bagian Barat Pulau Timor. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 16, 79-91.
- [8] Oktaviani, R., Raharjo, P.P., & Sadisun, I.A. (2018). Kajian Ketahanan Batuan Clay Shale Formasi Jatiluhur di Sentul City Jawa Barat. *Promine Journal*, 6, 26-32.
- [9] Afni, N., Dhevy, S.D., Winarno, A., Oktaviani, R., & Nugroho, W. (2022). Analisis Pengaruh PH Air Terhadap Ketahanan Batulempung dengan Pengujian Durability Lokasi PT. RCI, Samarinda, Kalimantan Timur. *Jurnal Sosial dan Teknologi*, 2, 711-717.
- [10] Misbahudin & Sadisun, I.A. (2019). The Use of Disintegration Ratio in Evaluating Rock Durability in Selected Mudrock Samples in Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 4, 158-170.
- [11] Dearman, W.R. (1976). Weathering Classification in the Characterization of Rock, A Revision. *Bulletin of International Association Engineering Geology*, 13, 123-127.
- [12] Sadisun, I.A., & Bandonu. (1998). Pengenalan Derajat Pelapukan Batuan Guna Menunjang Pelaksanaan Berbagai Pekerjaan Sipil dan Operasi Pertambangan. *Gakuryoko*, 4, 10-23.
- [13] SNI 4153:2008 tentang Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT.
- [14] Skempton, A.W. (1953). The Colloidal Activity of Clays. *Proceedings 3rd International Conference of Soil Mecanic and Fondation Engineering*. London.
- [15] Seed, M.B., Woodward, R.J. & Lundgren, R. (1962). Prediction of Swelling Potential of Compacted Soils. *ASCE Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 85, 86-128.
- [16] Gokceoglu, C., Ulusay, R., & Sonmez, H. (2000). Factors Affecting the Durability of Selected Weak and Clay-bearing Rocks from Turkey, with Particular Emphasis on the Influence of the Number of Drying and Wetting Cycles. *Engineering Geology*, 57, 215-237.
- [17] Erguler, Z. A. & Ulusay, R. (2009). Assessment of Physical Disintegration Characteristics of Clay-bearing Rocks: Disintegration Index Test and A New Durability Classification Chart. *Engineering Geology*, 105, 11-19.