

KARAKTERISTIK SIFAT FISIK DAN MEKANIS *CLAYSHALE* PADA KAWASAN KEMENKO 2 IKN

Adelia Rahmi Putri¹⁾, Tiopan Henry M Gultom²⁾, Masayu Widiastuti³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda (75119), Indonesia

Email : adeliarahmiputri@gmail.com¹

²⁾ Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda (75119), Indonesia

Email: tiopanhmg@unmul.ac.id²

³⁾ Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda (75119), Indonesia

Email: widiwidada@ft.unmul.ac.id³

ABSTRACK

Batuan merupakan mineral atau paduan mineral yang membentuk bagian utama kerak bumi. Batuan penyusun kerak bumi berdasarkan kejadian, tekstur, dan komposisi mineral, salah satunya adalah batuan sedimen. Banyak pembangunan infrastruktur di Kabupaten Penajam Paser Utara yaitu sekarang menjadi ibu kota negara baru. Dalam perencanaan suatu konstruksi pondasi *bore pile* harus dilakukan klasifikasi tanah terutama sifat-sifat tanah yang mempengaruhi daya dukung tanah dan dilakukan juga pengujian mekanis yakni pengujian *slake durability* untuk mengetahui ketahanan terhadap pelapukan dan *point load test* untuk mengetahui kekuatan suatu batuan. Pada hasil pengujian *point load test* didapatkan hasil *low strength*. Dari hasil pengujian *slake durability* didapatkan hasil $I_{d(2)}$ pada kedalaman 2,5 m yaitu 61,27, pada 5 m yaitu 77,56, pada 10 m yaitu 83,53, pada 15 m yaitu 93,75, pada 20 m yaitu 95,53 dan pada 30 m yaitu 95,67 sehingga pada masing-masing kedalaman memiliki klasifikasi *medium durability* hingga *medium high durability* dan pada hasil pengujian klasifikasi tanah dengan menggunakan metode USCS Berdasarkan sifat fisiknya pada titik boring 1 memiliki klasifikasi tanah berbutir halus dan memiliki batas cair <50% maka hasil klasifikasi tanah ialah lempung dengan plastisitas rendah (CL), pada kedalaman 10 m memiliki simbol ganda yaitu lempung berlanau dengan plastisitas rendah (CL-ML). Sedangkan pada titik boring 3 masuk kedalam tanah berbutir kasar dengan presentase lolos saringan No. 4 yaitu lebih dari 12% memiliki simbol ganda maka masuk kedalam klasifikasi pasir berlanau-pasir berlempung (SM-SC).

Kata kunci : *Slake Durability, Point Load Test, Lempung, Batupasir.*

ABSTRACT

Rocks are minerals or mineral alloys that form the main part of the earth's crust. The rocks that make up the earth's crust are based on their occurrence, texture and mineral composition, one of which is sedimentary rock. There is a lot of infrastructure development in North Penajam Paser Regency, which is now the new national capital. In planning a bore pile foundation construction, soil classification must be carried out, especially soil properties that affect the bearing capacity of the soil, and mechanical testing is also carried out, namely slake durability testing to determine resistance to weathering and point load tests to determine the strength of a rock. In the point load test results, low strength results were obtained. From the results of the slake durability test, the $I_{d(2)}$ results were obtained at a depth of 2.5 m, namely 61.27, at 5 m, namely 77.56, at 10 m, namely 83.53, at 15 m, namely 93.75, at 20 m, namely 95.53 and at 30 m it is 95.67 so that at each depth it has a classification of medium durability to medium high durability and in the results of soil classification tests using the USCS method. Based on its physical properties at boring point 1 it has a fine grained soil classification and has a limit liquid <50%, then the soil classification result is clay with low plasticity (CL), at a depth of 10 m it has a double symbol, namely silty clay with low plasticity (CL-ML). Meanwhile, at boring point 3, it enters the coarse-grained soil with a percentage passing the No. sieve. 4, namely more than 12% has a double symbol so it falls into the silty sand-clayey sand (SM-SC) classification.

Keywords: *Slake Durability, Point Load Test, clayshale, sandstone*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batuan merupakan mineral atau paduan mineral yang membentuk bagian utama kerak bumi. Batuan penyusun kerak bumi berdasarkan kejadian, tekstur, dan komposisi mineral, salah satunya adalah batuan sedimen. Saat ini pembangunan skala besar sedang direncanakan di sekitar wilayah Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur. Bertepatan di kawasan gedung KEMENKO 2 IKN Pondasi yang akan di gunakan ialah *bore pile*, pondasi *bore pile* adalah suatu pondasi yang dibangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan di cor. Pada pondasi ini kondisi cuaca sangat mempengaruhi proses pengeboran tanah, apabila terjadi hujan maka batuan tersebut terjadinya kelongsoran akibat pelapukan. Pelapukan bisa menyebabkan berkurangnya ketahanan batuan. Sebelum adanya pembangunan maka dilakukan pengujian *slake durability* yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik ketahanan (*durability*) pada batuan tersebut dan dilakukan juga uji perendaman sebelum melakukan uji *slake durability* yang bertujuan untuk observasi awal kehancuran suatu batuan akibat terkontak dengan air terus menerus.

Setiap tanah maupun batuan pasti memiliki sifat mengembang (*swelling*) saat kadar air tinggi (musim hujan) dan akan menyusut saat musim kemarau. Karakteristik ini akan merusak semua bangunan yang berdiri di tanah tersebut. Kerusakan berupa retakan yang masif dan berakibat fatal, serta bangunan tidak akan berfungsi dengan normal.

Dalam perencanaan suatu konstruksi harus dilakukan penyelidikan terhadap klasifikasi tanah terutama sifat-sifat tanah yang mempengaruhi daya dukung tanah dalam menahan beban konstruksi yang ada di atasnya, maka dari itu dilakukan penelitian di laboratorium, maka dilakukan pengujian tanah yang meliputi: *Slake durability*, *point load test*, batas-batas *atterberg* dan *percent swelling*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa nilai *slake durability indeks* (I_d) pada batuan?
2. Berapa nilai kuat tekan batuan?
3. Berapa nilai *percent swelling* pada tanah?
4. Termasuk jenis apakah yang berada di KEMENKO 2 IKN.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui nilai indeks *durability* $I_{d(2)}$ pada batuan.
2. Untuk mengetahui nilai kuat tekan batuan.

3. Untuk mengetahui nilai *percent swelling* pada tanah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Batuan

Batuan ialah suatu material alam yang terbentuk melalui proses alamiah. Dari sudut geologi, yang dituturkan dengan batuan merupakan seluruh lapisan mineral serta bahan organis yang bersatu membentuk kerak bumi. Sebaliknya dari segi geoteknik, batuan merupakan sesuatu formasi material yang keras serta solid dari kerak bumi serta mempunyai kekuatan hancur dengan uji kokoh tekan (*unconfined test*) lebih besar dari 1 Mpa (Soetojo, 2009).

2.2. *Slake Durability*

Menurut SNI 3406 Cara uji ini sebagai acuan dan pegangan dalam pengujian sifat tahan legang batu, adapun tujuannya adalah untuk mengetahui daya tahan batu terhadap proses pelapukan. Pengujian dilakukan dengan cara penimbangan, pengeringan, penjemihan dan abrasi secara bergantian dan berulang. Hasil pengujian dinyatakan dalam *slake durability indeks* yang mencerminkan kualitas batuan tersebut memiliki kekuatan yang tinggi atau tidak. Gamble (1971) memberikan klasifikasi batuan dari hasil pengujian seperti yang di tunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Durabilitas dari Gamble

No.	Nama Grup Batuan	% Tertinggal Setelah Putaran 1 x 10 menit (berat kering)	% Tertinggal Setelah Putaran 2 x 10 menit (berat kering)
1	Very high durability	> 99	>98
2	High durability	98 - 99	95 - 98
3	Medium high durability	95 - 98	85 - 95
4	Medium durability	85 - 95	60 - 85
5	Low durability	60 - 85	30 - 60
6	Very low durability	< 60	<30

2.3. *Point Load Test*

Kekuatan batuan juga bisa diukur dengan memakai alat *Point Load* yang pengujian ini dikemukakan oleh Broch & Franklin (1972). Pada pengujian ini contoh batuan ditekan oleh 2 baja berupa konus hingga terjalin keruntuhan dengan membentuk retakan dalam bidang tarik yang sejajar dengan sumbu pembebanan semacam Pada pengujian ini dapat memprediksi nilai UCS suatu batuan secara tidak langsung dilapangan.

Hasil pengujian dengan sistem *Point Load* ini kerap pula diucap dengan Indeks Kekuatan Batuan Uji ini relatif gampang dilaksanakan baik dilapangan pada

dikala pengeboran serta pengambilan contoh ataupun uji di laboratorium.

2.4. Percent Swelling

Proses pengembangan (*swelling*) dan penyusutan (*shrinkage*) tanah sebagian besar adalah akibat peristiwa kapiler atau perubahan kadar air pada tanah tersebut. Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Pengurangan kadar air yang diikuti oleh kenaikan tegangan efektif menyebabkan volume tanah menyusut dan sebaliknya penambahan kadar air menyebabkan pengembangan.

Berdasarkan parameter yang dilakukan oleh Atterberg, Chen (1988) memberikan metode mengidentifikasi potensi pengembangan tanah ekspansif dengan menggunakan nilai indeks plastisitasnya (PI) seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Korelasi nilai indeks plastisitas (PI) dengan tingkat pengembangan.

Indeks Plastisitas (PI)(%)	Potensi Pengembangan
0 – 15	Rendah
Okt-35	Sedang
20-55	Tinggi
>55	Sangat Tinggi

2.5. Batas-Batas Atterberg

1. Batas Cair

Pemeriksaan batas cair ini bertujuan untuk menentukan kadar air suatu sampel tanah pada batas cair.

2. Batas Plastis

Batas plastis (*plastic limit*) adalah kadar air pada batas bawah daerah plastis atau kadar air minimum dimana tanah dapat digulung-gulung sampai diameter 3,1 mm (1/8 inchi).

3. Batas Susut

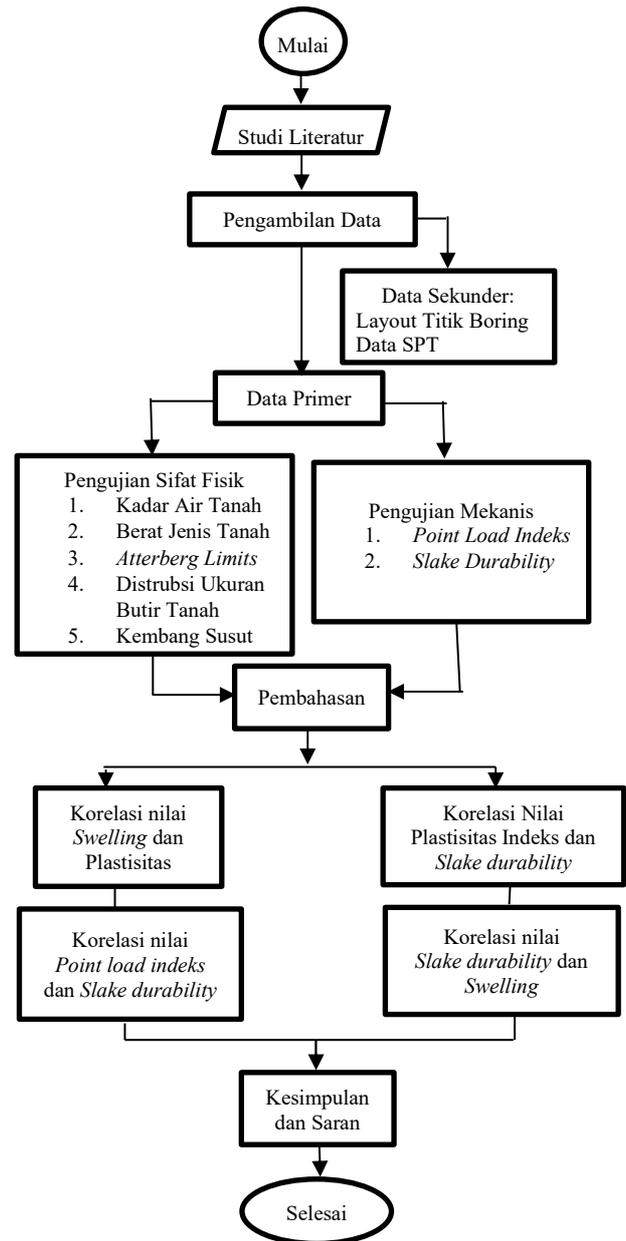
Batas susut menunjukkan kadar air atau batas dimana tanah dalam keadaan jenuh yang sudah kering tidak akan menyusut lagi, meskipun dikeringkan terus atau batas dimana sesudah kehilangan kadar air selanjutnya tidak menyebabkan penyusutan volume tanah. Percobaan batas susut (*shrinkage limit*) ini bertujuan untuk mengetahui batas menyusut tanah.

4. Indeks Plastisitas

Selisih antara batas cair dan batas plastis ialah daerah dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis (*plasticity index*).

3. Metodologi Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan
4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisis

Berdasarkan pengujian sifat fisis tanah khususnya pengujian distribusi ukuran butir dan uji batas-batas *atterberg* terlihat masing-masing karakteristik yang sama. Pada tanah kedalaman <10 m memiliki dominasi butir yang halus, tanah ini termasuk jenis

lempung berlanau (CL) dan pada kedalaman >15 m masuk kedalam tanah berbutir kasar. Berikut dibawah ini hasil pengujian sifat fisis pada tabel dan pada tabel penentuan klasifikasi Unified

Tabel 2 Hasil Pengujian Sifat Fisis

Parameter		Satuan	Data Hasil Pengujian					
			2,5 m	5 m	10 m	15 m	20 m	30 m
Kadar air tanah		%	10,22	12,17	6,09	3,65	6,18	4,23
Berat jenis Gs		%	2,62	2,66	2,58	2,59	2,59	2,60
Atterberg limit	Batas Cair (LL)	%	36,74	29,61	24,73	22,68	22,45	22,12
	Batas Plastisitas (PL)	%	22,23	19,81	18,56	16,05	17,05	16,03
	Indeks Plastisitas (PI)	%	14,51	9,80	6,17	6,63	5,40	5,76
	Batas Susut (SL)	%	8,73	6,83	4,17	5,88	6,43	7,48
Klasifikasi USCS		-	CL	CL	CL-ML	SM-SC	SM-SC	SM-SC
Lolos Saringan no.200		%	93,32	93,82	72,64	28,39	27,61	28,28

Dapat dilihat pada tabel 2, pada kedalaman <10 m memiliki lolos saringan No. 200 lebih dari >50%, maka masuk kedalam fraksi berbutir halus dengan memiliki batas cair <50% maka masuk kedalam klasifikasi lempung berplastisitas rendah (CL) dan karna pada kedalaman 10 m memiliki nilai PI yang rendah maka masuk kedalam arsirannya sehingga memiliki simbol ganda yaitu CL-ML sedangkan

pada kedalaman >15 m masuk kedalam fraksi berbutir kasar dengan lebih dari 12% lolos saringan saringan No. 4 sehingga diprediksi memiliki simbol GM,GC,SM,SC, karna memiliki >50% lolos saringan No. 4 dan memiliki nilai indeks plastisitas yang rendah maka memiliki simbol ganda yaitu SM-SC.

4.2 Slake Durability

Uji *slake durability* bertujuan untuk mengetahui ketahanan batuan dengan cara mempercepat proses pelapukan secara maksimal dengan cara membasahi dan mengeringkan kemudian dilakukan pengayuan, untuk mengetahui klasifikasi ketahanan didapatkan pada siklus ke 2. Pada penelitian ini menggunakan

perendaman 5 hari yang bersimbol X dan perendaman 12 hari bersimbol Y yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan batuan tersebut bila dilakukan perendaman sebelum dilakukan uji *slake durability*. Berikut hasil pengujian slake durability pada siklus kedua:

	Sampel	SLAKE DURABILITY (%)		Klasifikasi
		1	2	
TITIK BORING 1	2,5A	74,8	61,3	Medium durability
	2,5X	75,7	43,9	Low durability
	2,5Y	79,9	62,8	Medium durability
	5A	86,1	77,6	Medium durability
	5X	57,4	45,5	Low durability
	5Y	72,1	60,1	Low durability
	10A	97,8	83,5	Medium durability
	10X	93,7	87,1	Medium high durability
	10Y	97,8	90,4	Medium high durability
	TITIK BORING 3	15B	95,9	93,8
15X		91,3	83,6	Medium durability
15Y		94,4	87,6	Medium high durability
20B		97,4	95,5	High durability
20X		92,2	84,5	Medium durability
20Y		91,7	83,6	Medium durability
30B		98,8	95,7	Medium High Durability

	30X	92,8	82,8	Medium durability
	30Y	94,6	88,4	Medium high durability

Gambar 2 Grafik Pengujian *Slake Durability*

Dapat dilihat pada gambar 2, semakin dalam kedalaman pada tanah maka semakin tahan pula batuan terhadap pelapukan atau masuk kedalam klasifikasi *medium durability* hingga *medium high durability*.

4.3 Point Load Test

Pada pengujian *Point Load* dilakukan untuk mendapatkan parameter kekuatan batuan berupa *point load indeks*. Keunggulan nilai *Point Load Indeks* adalah dapat memprediksi nilai UCS suatu batuan secara tidak langsung di lapangan dengan menggunakan persamaan $11,82I_{S(50)}$. Pada pengujian ini menggunakan uji diametrikal dan sampel yang digunakan berdiameter 50 mm.

Tabel 3 Hasil Pengujian PLI

Kedalaman	$I_{S(50)}$ (Mpa)	UCS(Mpa)
2,5 M	0,077	0,912
5 M	0,174	2,052
10 M	0,230	2,720
15 M	0,275	3,252
20 M	0,235	2,783
30 M	0,238	2,815

Dapat dilihat pada kedalaman 2,5 m masuk kedalam klasifikasi *very low strength* sedangkan pada kedalaman >5 m masuk kedalam klasifikasi *low strength*.

4.4 Percent Swelling

Pengembangan (*swelling*) adalah nilai perbandingan antara perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi benda uji semula yang dinyatakan dalam persen.

Kedalaman	Swelling (%)
2,5 M	0,98
5 M	0,88
10 M	0,58
15 M	0,68
20 M	0,20
30 M	0,20

Dari hasil pengujian *swelling* dapat disimpulkan bahwa pada sampel tanah tersebut memiliki potensi *swelling* yang rendah.

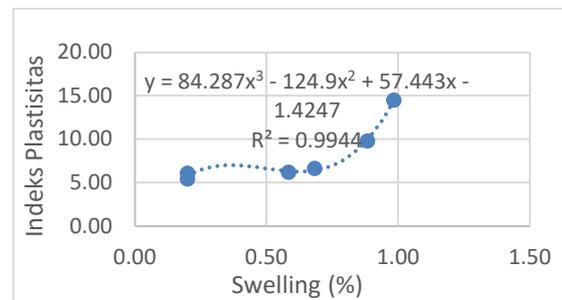
4.5 Pembahasan

Dari hasil yang didapatkan pada penelitian ini maka dapat di tarik sebuah kesimpulan bahwa pada studi

kasus pada penelitian ini adalah pemasangan pondasi dengan jenis *bored pile*, pemasangan *bore pile* kedalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton. Seperti kita ketahui bahwa pada pekerjaan pondasi sangat di pengaruhi oleh cuaca, hujan menyebabkan air masuk kedalam lubang tanah yang telah di bor sehingga tanah tersebut tergenang oleh air, maka pada penelitian ini dilakukan uji *slake durability* dengan bertujuan agar mengetahui seberapa besar nilai ketahanan batuan terhadap pelapukan, dari hasil *slake durability* yang dilakukan didapatkan hasil pada kedalaman < 10 m masuk dalam klasifikasi *medium durability* dan pada kedalaman >10 m masuk klasifikasi *medium high durability*, dapat disimpulkan bahwa pada titik yang mau dilakukan pemboran tahan terhadap pada pelapukan dan didapatkan juga nilai N-SPT yaitu >60 menunjukkan bahwa tanah keras.

4.6 Korelasi Nilai Swelling Terhadap Indeks Plastisitas

Untuk mengetahui besarnya hubungan maka dilakukan uji korelasi, berikut perhitungan korelasi nilai *swelling* terhadap indeks plastisitas:

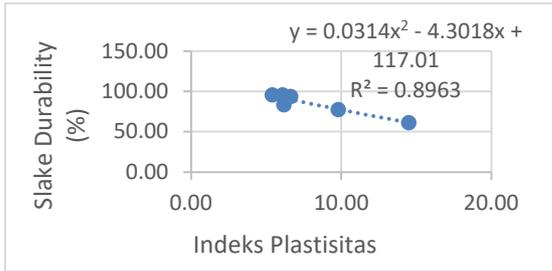


Gambar 3 Persamaan Hubungan Nilai Indeks Plastisitas Terhadap Swelling

Berdasarkan hasil pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa *swelling* dapat menjelaskan indeks plastisitas sebesar 0,99 dengan menggunakan regresi polinomial yaitu hubungan korelasi yang sangat kuat sisanya di pengaruhi oleh faktor lain.

4.7 Korelasi Nilai Indeks Plastisitas Terhadap Slake Durability

Untuk mengetahui besarnya hubungan maka dilakukan uji korelasi, berikut perhitungan korelasi nilai indeks plastisitas Terhadap *Slake Durability*:

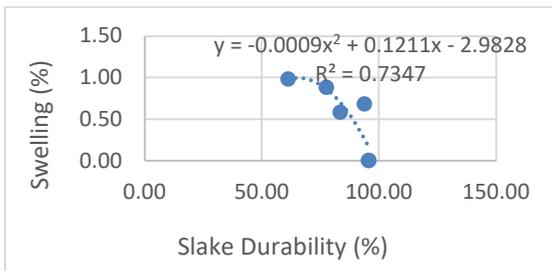


Gambar 4 Persamaan Hubungan Nilai Indeks Plastisitas Terhadap *Slake Durability*

Berdasarkan grafik diatas dapat di simpulkan bahwa semakin rendah nilai indeks plastisitas maka semakin tinggi nilai *slake durability* sehingga didapatkan hasil $R = 0,89$ dengan menggunakan regresi polynomial termasuk kedalam klasifikasi sangat kuat.

4.8 Korelasi Nilai *Slake Durability* Terhadap *Swelling*

Untuk mengetahui besarnya hubungan maka dilakukan uji korelasi, berikut perhitungan korelasi nilai *Slake Durability* terhadap *Swelling* :

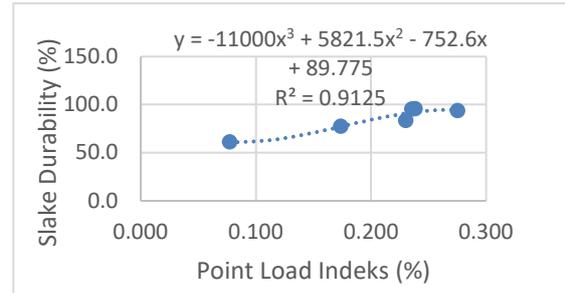


Gambar 5 Persamaan Hubungan Nilai *Swelling* Terhadap *Slake Durability*

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai *slake durability* maka semakin kecil pula nilai potensi *swelling* sehingga didapatkan $R = 0,73$ menggunakan regresi polynomial termasuk kedalam klasifikasi sangat kuat.

4.9 Korelasi Nilai Point Load Indeks Terhadap *Slake Durability*

Untuk mengetahui besarnya hubungan maka dilakukan uji korelasi, berikut perhitungan korelasi nilai *Point Load Indeks* Terhadap *Slake Durability* :



Gambar 6 Persamaan Hubungan Nilai *Point Load Indeks* Terhadap *Slake Durability*

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai *point load index* maka semakin tinggi pula nilai *slake durability* maka didapatkan nilai $R = 0,91$ dengan menggunakan regresi polynomial masuk kedalam klasifikasi sangat kuat.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian *slake durability* didapatkan hasil $I_{d(2)}$ pada kedalaman 2,5 m yaitu 61,27, pada 5 m yaitu 77,56, pada 10 m yaitu 83,53, pada 15 m yaitu 93,75, pada 20 m yaitu 95,53 dan pada 30 m yaitu 95,67 sehingga pada masing-masing kedalaman memiliki klasifikasi *medium durability* hingga *medium high durability*, sedangkan pada perendaman 5 hari didapatkan nilai pada kedalaman 2,5 m yaitu 43,9 dan pada kedalaman 5 m yaitu 45,5 masuk kedalam klasifikasi *low durability*. pada kedalaman >10 m didapatkan nilai >83 maka masuk kedalam klasifikasi *medium durability*. Pada rendaman 12 hari didapatkan hasil $I_{d(2)} > 60$ masuk kedalam klasifikasi *medium durability* pada kedalaman < 5 m. Sedangkan pada kedalaman >10 m didapatkan hasil > 83 maka masuk kedalam klasifikasi *medium durability* hingga *medium high durability*.
2. Dari hasil pengujian kuat tekan batuan didapatkan hasil pada kedalaman 2,5 m memiliki klasifikasi *very low strength* yaitu dengan nilai 0,077 MPa sedangkan pada kedalaman 5 m yaitu 0,174 MPa, pada 10 m yaitu 0,230 MPa pada 15 m yaitu 0,275 MPa, pada 20 m yaitu 0,235 MPa dan pada 30 m yaitu 0,238 MPa.
3. Berdasarkan pada nilai indeks plastisitasnya yang rendah maka pada sampel tersebut memiliki potensi mengembang rendah pula yaitu pada kedalaman 2,5 m yaitu 0,98%, pada 5 m yaitu 0,88%, pada 10 m yaitu 0,58%, pada

- 15 m yaitu 0,68 %, pada 20 m yaitu 0,20% dan pada 30 m yaitu 0,20%
4. Berdasarkan sifat fisiknya pada titik boring 1 memiliki klasifikasi tanah berbutir halus dan memiliki batas cair <50% maka hasil klasifikasi tanah ialah lempung dengan plastisitas rendah (CL), pada kedalaman 10 m memiliki simbol ganda yaitu lempung berlanau dengan plastisitas rendah (CL-ML). Sedangkan pada titik boring 3 masuk kedalam tanah berbutir kasar dengan presentase lolos saringan No. 4 yaitu lebih dari 12% memiliki simbol ganda maka masuk kedalam klasifikasi pasir berlanau-pasir berlempung (SM-SC).

5.2 Saran

1. Memastikan dalam pengujian *slake durability* jenis sampel yang sama bila menggunakan drum slinder sampai akhir siklus.
2. Memastikan dalam pengujian yang menggunakan alat oedometer, dial berfungsi dengan baik.

Daftar Pustaka

- ASTM D 4644-04. 2004. Standart Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- ASTM D4546-96 Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Sttlement Potential of Cohesive Soil. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- ASTM D5731-16 Standar Test Methode for Determination of the Point Load Strength Indeks of Rock and Application to Rock Strength Classification. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 1964-2008. Cara Uji Berat Jenis Tanah. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 1966-2008. Batas Plastis dan Indeks Plastisitas. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 1967-2008. Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 3422-2008. Cara Uji penentuan Batas Susut Tanah. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 3423-2008. Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. SNI 03 6371 2000. Tata Cara Pengklasifikasi Tanah Dengan Cara Unfikasi Tanah. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta
- Buku Panduan Praktikum. 2017. Mekanika Tanah.Laboratorium Rekayasa Sipil. Universitas Mulawarman.
- CHEN, F.H. (1975), Foundation on Expansive Soil, Development in Geotechnical Engineering12, Esevier Scientific Publishing Company, Amsterdam
- Das, B.M.1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Darwis, H (2018), Dasar – Dasar Mekanika Tanah. Makassar : Pena Indis.
- Fookes, P.G., Dearman W.R., Franklin, J.A., 1971. Some engineering aspects of rock weathering with field examples from dartmoor and elsewhere. Quarterly Journal of Engineering Geology 4, 139-185
- Hardiyatmo, H.C.2002.Mekanika Tanah I, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2012. Mekanika Tanah 1 Edisi ke Enam. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C., 2006. Mekanika Tanah II, gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. 2017. Mekanika Tanah 1. Gadjah Mada University Press