

BAB 6



KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian di Sentul Selatan, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, sebagai berikut :

1. Perilaku *clay shale* di Formasi Jatiluhur, cukup bervariasi. Perbedaan perilaku ini memperlihatkan adanya pengaruh lingkungan terhadap sifat internal dari *clay shale*.
2. Hasil pengujian indeks propertis terhadap hubungan kadar air dan indeks plastis pada lokasi penelitian, menunjukkan bahwa *clay shale* memiliki indeks plastis yang rendah dengan kemampuan untuk mengembang pada *clay shale* adalah rendah.
3. Berdasarkan pengelompokan nilai indeks plastis terhadap batas cair, memperlihatkan aktivitas material di lokasi penelitian 1 dan penelitian 2 adalah *clay* dengan plastisitas rendah, dan pada penelitian 3 dikelompokkan dalam *silt* dengan plastisitas rendah.
4. Pengujian hidrometer memunculkan persentase *clay*, *silt* dan *sand*. Secara umum pada setiap lokasi penelitian persentase *clay* lebih besar dari persentase *silt* dan dengan adanya proses sementasi, *clay shale* yang terikat dengan *silt* dan pasir halus memiliki potensi mengembang yang rendah.

5. Komposisi mineral mempengaruhi proses slaking dan hancurnya batuan. Adanya mineral monmorilonit di titik BD.3 dan T.31 memperlihatkan durabilitas yang semakin rendah dan slaking yang semakin besar dibandingkan dengan sampel lainnya yang hanya mengandung komposisi mineral kuarsa, kalsit, albit, illit, kaolinit.
6. Hasil pengujian *slaking* dinamik di lokasi penelitian 1 dan 2 menunjukkan bahwa *clay shale* plastisitas rendah memiliki perilaku daya tahan batuan dari sedang sampai rendah. Pengujian yang dilakukan dalam beberapa kurun waktu, tidak begitu memperlihatkan adanya perubahan penurunan daya tahan *clay shale* yang signifikan. Hal ini terjadi karena adanya faktor internal yang memegang peranan dalam proses pembatuan *clay shale*. Adanya batupasir yang secara alamiah berselingan dengan *clay shale* dan *silt*, mengakibatkan sampel tidak hancur keseluruhan. Semakin ke utara, titik pengujian menunjukkan daya tahan yang rendah.
7. Uji *slaking* dinamik di lokasi Penelitian 3 menunjukkan bahwa perilaku *clay shale* di lokasi ini memiliki daya tahan batuan sangat rendah. Unsur *clay* dan *silt* di lokasi penelitian ini sangat dominan sehingga saat pengujian di siklus ke tiga, sampel hancur dengan ukuran dibawah 2 mm.
8. *Clay shale* di lokasi penelitian 1 dan 2 yang memiliki daya tahan sedang-tinggi, laju penurunan daya tahan batumannya relatif konstan pada setiap siklusnya. Sedangkan *clay shale* dengan klasifikasi sedang, laju penurunan daya tahan batuan dari setiap siklus pada umumnya mengalami perlambatan.

9. Clay shale di lokasi penelitian 3 yang memiliki klasifikasi rendah, laju penurunan terjadi percepatan dan hanya mengalami dua siklus. Semakin ke utara, titik pengujian menunjukkan daya tahan yang rendah.
10. Pada lokasi penelitian 1 dan 2, sampel yang dibiarkan terbuka dan didiamkan secara alami dalam suatu ruangan untuk waktu yang cukup lama tanpa diganggu, akan tetap dalam kondisi utuh dan tidak mengalami *slaking*. Namun saat sampel dimasukkan ke dalam air, maka air akan langsung mengisi pori batuan dan menekan udara dalam pori untuk keluar. Tekanan yang diberikan oleh air tersebut mengakibatkan terjadinya *slaking*.
11. Kemampuan *slaking* pada *clay shale* di lokasi penelitian ini sangat bervariasi yaitu dari daya *slaking* yang sangat rendah sampai daya *slaking* yang tinggi. Daya *slaking* tinggi berada di lokasi penelitian 3. Daya *slaking* rendah sampai sedang berada di titik pengujian BD.2 dan BD.3 lokasi penelitian 1 dan pada titik pengujian T.27 dan T.30 di lokasi penelitian 2 dengan nilai indeks statik (I_s) yang lebih tinggi dari BD.2 dan BD.3.
12. Uji *slaking* statik dengan menggunakan variasi banyaknya air untuk merendam sampel, tidak memberikan pengaruh besar terhadap waktu *slaking* dan hancurnya batuan. Hancurnya batuan lebih disebabkan oleh kondisi batuan terhadap bidang lemah serta kandungan mineral dan komposisi batumannya.
13. Laju penambahan *slaking* untuk *clay shale* dengan plastisitas rendah akan mengalami perlambatan saat *clay shale* banyak tercampur dengan pasir halus dan akan mengalami percepatan apabila kandungan *clay shale* lebih

dominan dibandingkan dengan *silt* dan pasir halus. Laju penambahan slaking yang konstan terjadi pada sampel yang banyak mengandung pasir halus.\]

14. Berdasarkan nilai indeks durability (I_{d2}) dengan indeks plastis (IP), diperoleh hubungan bahwa indeks palstis (IP) yang rendah memiliki nilai indeks durability (I_{d2}) yang sedang sampai tinggi, dan bila indeks plastisnya sedang atau tinggi, maka nilai indeks durability (I_{d2}) menjadi rendah. Korelasi hubungan indeks durability (I_{d2}) dengan indeks Plastis (IP) menghasilkan persamaan :

$$I_{d2} = 332,03 e^{-0,177 IP}$$

15. Perilaku *clay shale* dari 3 lokasi penelitian berbeda beda. Hal ini dipengaruhi oleh kadar air, proses pembentukan *clay shale* dan plastisitasnya.
16. Hubungan indeks beban titik, I_{s50} dengan indeks durability, I_{d2} , pada lokasi penelitian ini, memberikan nilai yang bervariasi sehingga dibuat batas terendah untuk menunjukkan batas bawah indeks durability terhadap nilai yang dihasilkan dari uji beban titik, dengan persamaan :

$$I_{d2} = 6,5499 I_{s(50)}^{1,0186}$$

17. *Clay shale* merupakan batuan sedimen yang proses pembentukannya disebabkan oleh kegiatan sedimentasi dan bersifat anisotrop. Sudut kemiringan lapisan berpengaruh terhadap kekuatan tekan dan beban titik

batuannya. Korelasi antara beban titik dengan sudut perlapisan menghasilkan persamaan :

$$I_{s(50)} = 0,0004 I_{d2}^2 - 0,07 I_{d2} + 4,0099$$

18. Dari hasil pengujian beban titik, *clay shale* di lokasi penelitian masuk ke dalam batuan sangat lemah sampai lemah.
19. Pengujian kuat tekan uniaksial, memperlihatkan kondisi batuan yang berada dalam satu kelompok yaitu berupa batuan yang sangat lapuk dan mempunyai tingkat durabilitas yang rendah.

6.2. Saran

1. Formasi Jatiluhur yang membentang dari barat ke timur wilayah Bogor, memiliki susunan batuan yang berbeda-beda untuk setiap lokasinya. Untuk itu perlu pula dilakukan uji *slaking* dinamik dan *slaking* statik di lokasi yang berbeda, sehingga dapat memperlihatkan perilaku *clay shale* di setiap wilayah pada Formasi Jatiluhur.
2. Lokasi penelitian ini mempunyai plastisitas yang rendah dengan tingkat durabilitas sedang sampai rendah. Untuk itu pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk dapat melakukan pengujian *slaking* dinamik pada plastisitas yang sedang dan tinggi, sehingga dapat digabungkan dan dikelompokkan untuk perilaku durabilitas batuan *clay shale* pada beberapa jenis tingkat plastisitas batuan.

3. Dalam penilaian potensi mengembang terhadap batuan, selama ini banyak dilakukan dengan menggunakan referensi potensi mengembang yang digunakan untuk menilai potensi mengembang pada tanah, sehingga terdapat beberapa keraguan terhadap pengelompokan derajat pengembangan pada batuan. Untuk itu apabila dimungkinkan perlu dilakukan klasifikasi derajat pengembangan khusus untuk batuan.
4. Kondisi anisotrop pada batuan memungkinkan terjadinya perbedaan kekuatan batuan apabila diberi beban. Arah perlapisan batuan sangat mempengaruhi keruntuhan akibat pembebanan. Korelasi antara pembebanan dengan sudut perlapisan baru dilakukan terhadap beban titik pada *clay shale* plastisitas rendah di wilayah Sentul Selatan. Sekiranya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk jenis batuan yang lainnya, baik itu pada beban titik maupun beban uniaksial.

DAFTAR PUSTAKA



- Agung, P.M.A., Pramusandi, S., dan Damianto. (2017), *Identification and Classification of Clayshale Characteristic and Some Considerations for Slope Stability*, African Journal of Environmental Science and Technology, Volume 11 Number 4, April 2017
- Alatas, I.M., Kamaruddin, S.A., Nazir, R., Irsyam, M., dan Himawan, A. (2015), *Shear Strength Degradation of Semarang Bawen Clay Shale Due to Weathering Process*, Jurnal Teknologi
- Alhadar, S., Asrida, L., Prabandiyani, S., dan Hardiyati, S. (2014), *Analisis Stabilitas Lereng Pada Tanah Clay Shale Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Paket VI STA 22+700 Sampai STA 22+775*, Jurnal Karya Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang, Vol 3, No 2, 2014, 336 – 344
- Alves, C., Figueiredo, C., Maurício, A., Braga, M.A., dan Barro, A. (2011), *Limestones Under Salt Decay Tests: Assessment of Pore Network-Dependent Durability Predictors*, Environ Earth Sci, 63:1511–1527
- Bonini, M., Debernardi, D., Barla, G. (2007), *The Mechanical Behaviour of Clay Shales and Implications on the Design of Tunnels*, Department of Structural and Geotechnical Engineering, Politecnico di Torino, Torino, Italy, 42: 361–388
- Broch, E. (1983), *Estimation of Strength Anisotropy Using the Point Load Test*, Int J Rock Mech Mtn & Geomech, Vol 20. NO. 4 pp 181 – 187
- Broch, E., Franklin, J.A (1972), *The Point Load Strength Test*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science and Geomechanics, Vol 9, November 1972: 669 - 676
- Bryson, L.S., Gutierrez, I.C., dan Hopkins, T.C. (2012), *Development a New Durability Index for Compacted Shale*, Engineering Geology, volumes 139-140, 66-75
- Calik, U., dan Sadoglu, E. (2014), *Classification, shear strength, and durability of expansive, clayey soil stabilized with lime and perlite*, Nat Hazards, 71:1289–1303
- Celestine, T.A., Eyang, dan Ngon, F. (2016), *Geotechnical Properties and Slaking Characteristics of Shales in the Calabar Flank, Southeastern Nigeria*, Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering, vol. 6, no.1, 123-133
- Das, B.M. (1985), *Advanced Soil Mechanics*, McGraw-Hill International

- Deere, D.U. (1968), *Geological Consideration, Rock Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley and Sons, Ltd New York, pp 1 - 20
- Dorrik, A.V., dan Stow. (2005), *Sedimentary Rocks in the Field*, Manson Publishing Ltd
- Eduardo A.G., Marques., Euri Pedes Do A. Vargas, J.R, dan Franklin, S. (2005), *A study of the durability of some shales, mudrocks and siltstones from Brazil*, *Geotechnical and Geological Engineering*, 23: 321–348
- Fahrudin., Sadisun, I.A., dan Agus H. (2011), *Studi Longsor Yang Terdapat di Jalan Tol Semarang-Solo Segmen Susukan-Penggaron*, *Proceedings JCM Makasar*
- Forouzan, A.J. (2016), *Prediction of Swelling Behavior of Expansive Soils Using Modified Free Swell Index, Methylene Blue and Swell Oedometer Tests*, Thesis, Middle East Technical University,
- Franklin, J.A. (1981), *A Shale Rating System and Tentative Applications to Shale Performance*, *Transportation Research Record* 790
- Gautam, T.P., dan Shakoor, A. (2016), *Comparing the Slaking of Clay-Bearing Rocks Under Laboratory Conditions to Slaking Under Natural Climatic Conditions*, *Rock Mech Rock Eng*, 49:19–31
- Ghobadi, M.H., dan Babazadeh, R. (2015), *An investigation on the effect of accelerated weathering on strength and durability of Tertiary sandstones (Qazvin province, Iran)*, *Environ Earth, Sci* 73:4237–4250
- Goodman, R.E. (1989), *Introduction to Rock Mechanics*, Canada
- Gutierrez, M., Øino, L.E., and Høeg, K. (2000), *The Effect of Fluid Content on the Mechanical Behaviour of Fractures in Chalk*, *Rock Mechanics and Rock Engineering Springer-Verlag* 2000 Austria, 93–117
- Harris, M.A. (2010), *Fragility of a Dark Gray Shale in Northeastern Jamaica: Effects and Implications of Landslip Exposure*, *Environ Earth Sci* 61:369–377
- Hasnat, A.M., Shamim., dan Akae, T. (2011), *Effect of Initial Water Content on Saturated Hydraulic Conductivity in Desalinization with Slaking and Drying*, *Paddy Water Environ*, 9:221–228
- Heidari, M., Rafiei, Y.B., Mohebbi, M., dan Kaveh, T. (2015), *Assessing the Behavior of Clay-Bearing Rocks Using Static and Dynamic Slaking Indices*, *Geotech Geol Eng*, 33:1017–1030
- Holtz, R.D., dan Kovacs, W.D. (1981), *An Introduction to Geotechnical Engineering*, Prentice Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics Series

- Hunt, C.B., Freeman, W.H. dan Company. (1972), *Geologi of Soils*, San Fransisco
- Hunt, R.E. (2005), *Geotechnical Engineering Investigation Handbook*, Second Edition, April 12, by CRC Press, ISBN 9780849321825
- Jumikis, A.R. (1983), *Rock Mechanics*, Gulf Publishing Company, Houston London
- Kassim, A., dan Mogammad, E.T. (2007), *Laboratory Study of Weathered Rock for Surface Excavation Works*, Universiti Teknologi Malaysia
- Kaya, A., dan Karaman, K. (2016), *Utilizing the Strength Conversion Factor in the Estimation of Uniaxial Compressive Strength from the Point Load Index*, Bull Eng Geol Environ, 75:341–357
- Laycock, E.A., Spence, D.P., Jefferson, F.S., Hetherington, F.B., dan Martin, E.C. (2008). *Testing the Durability of Limestone for Cathedral Facade Restoration*, Wood Environ Geol, 56:521–528
- Lelono, E.B., dan Isnawati. (2007), *Peranan IPTEK Nuklir Dalam Eksplorasi Hidrokarbon*, JFN, Vol.1 No.2, November 2007
- Miller, N. (1991), *Expansive Soils*, John Wiley & Sons
- Merriman, R.J., Highley, D.E., dan Cameron, D.G. (1999), *Definition and Characteristics of Very-Fine Grained Sedimentary Rocks, Clay, Mudstone, Shale and Slate*, British Geological Survey
- Misćević, P., dan Vlastelica, G. (2011), *Durability Characterization of Marls from the Region of Dalmatia, Croatia*, Geotech Geol Eng, 29:771–781
- Mohamad, E.T., Saad, R., Alavi, S. V. (2011), *Durability Assessment of Weak Rock by Using Jar Slaking Test*, Electronic Journal of Geotechnical Engineering September 2011
- Moses, C., dan Williams, R. (2008), *Weathering and durability of the Goldsworthy Chalk Stones, South Downs, West Sussex, England*, Environ Geol 56:495–506
- Mukherjee, S. (2013), *The Science of Clays Applications in Industry*, Engineering and Environment, Geological Survey of India Kolkata, India
- Nickmann, M., Spaun, G dan Thuro, K. (2006), *Engineering geological classification of weak rocks*, The Geological Society of London, IAEG Paper number 492
- Nickmann, M., Sailer, S., Ljubescic J. dan Thuro, K. (2010), *Engineering Geological Investigations into the Border Between Hard and Weak Rocks*, Geologically Active – Williams dkk. (eds), Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-60034-7

- Novianto, D. (2016), *Geologi Regional Zona Kendeng*, Blog Geoscientist
- Nurjamil, A., Sadisun, I.A., dan Bandonu. (2005), *Pengaruh Derajat pelapukan Terhadap Potensi Mengembang Batulempung Formasi Subang*, Proceedings Joint Convention Surabaya
- Oktaviani, R., Rahardjo, P.P., dan Sadisun, I.A. (2018), *Landslides Induced by Slaking of Geomaterial*, International Conference on Disaster Management, Mei, ICDM-133
- Oktaviani, R., Rahardjo, P.P., dan Sadisun, I.A. (2017), *Penentuan Ketahanan Batuan Clay Shale Terhadap Proses Penghancuran Di Sentul, Jawa Barat*, Seminar nasional Kebumihan XII, FTM Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
- Palmström, A. (1995), *RMi – A Rock Mass Characterization System for Rock Engineering Purposes*, PhD thesis, Oslo University, Norway, 400 p.
- Pettijohn. (1975), *Sedimentologi dan Stratigrafi*, Bab 8
- Prasada, A.B. (2014), *Uji X-RD (X Ray Diffractions)*, Makalah Fisika Material
- Protodyakonov., dan Swain, C. (2010), *Determination of Rock Strength from Slake Durability Tests*, Thesis Bachelor of Technology in Mining Engineering National Institute of Technology Rourkela
- Qi, J., Sui. W., Liu, Y., dan Zhang, D. (2015), *Slaking Process and Mechanisms Under Static Wetting and Drying Cycles Slaking Tests in a Red Strata Mudstone*, Geotech Geol Eng, 33:959–972
- Questa Rock Pile Stability Study SOP 76v3 (2008), *Standard Operating Procedure No. 76 Slake Durability Test*
- Rahardjo, P.P., Halim, Y., dan Wisanto, H. (2012), *The Use of Geotechnical Instrumentation and Finite Element Analysis for Assessment of Bridge Foundation Stability Due to Breccia Resliding Over Clayshale*, 2nd International Conference on Transportation Geotechnics, Hokkaido
- Reapproved. (1998), *Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks*, ASTM International, D 4644 – 87
- Rinrawilai, S. (2010), *Large-Scaled Slake Durability Index Tests of Some Weak Rocks*, A Thesis Degree of Master of Engineering in Geotechnology Suranaree University of Technology Academic
- Sadisun, I.A., Shimada, H., Ichinose, M dan Matsui, K. (2001), *Determination of Strength Degradation of Subang Formation Claystone Due to Weathering*, Proceeding of the 3th Asian Symposium on Engineering Geologi and the Environment, Yogyakarta

- Sadisun, I.A. Shimada, H., Ichinose, M dan Matsui, K. (2002), *Evaluation of Physical Deterioration of Slake-Prone Rock Subjected to Static Slaking Test*, The 11th Japan National Symposium for Rock Mechanics
- Sadisun, I.A., Bandonno., Shimada, H., Ichinose, M dan Matsui, K. (2003), *Slope Instability of Road Cuts Due to Rock Slaking*, 12th Asian Regional Conf. on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering, Leung et al. (eds) © 2003
- Sadisun, I.A., Shimada, H., Ichinose, M dan Matsui, K. (2005), Kikuo Matsui, *Experimental Insights on the Characteristics of Rock Slaking with Particular Reference to the Sedimentary Argillaceous Rocks*
- Sadisun, I.A., Shimada, H., Ichinose, M dan Matsui, K. (2005), *Study on the Physical Disintegration Characteristics of Subang Claystone Subjected to a Modified Slaking Index*, TestGeotechnical and Geological Engineering 23: 199–218
- Sadisun, I.A., Bendono. (2010), *Physical Desintegration Characterization of Mudrock Subjected to Slaking Exposure and Immersion Test*, Jurnal Geologi Indonesia vol 5 no 4, Desember, 219-225
- Santi, P.M. (1998), *Improving the Jar Slake, Slake Index and Slake Durability Tests for Shales*, Environmental and Engineering Geo science, Vol IV, No. 3, 385-396
- Santi, P.M dan Jerry, H. D. (1998), *Methods for Predicting Shale Durability in the Field*, Geotechnical Testing Journal Vol 21 No.3, ASTM
- Seed H. B., Woodward R. J. & Lundgren R. (1962), *Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays*, Journal of the soil Mechanics and foundations division. ASCE, vol 88, N SM 4, pp.107-131
- Sharma, P.K. Khandelwal, M., dan Singh, T.N. (2011), *A Correlation Between Schmidt Hammer Rebound Numbers with Impact Strength Index, Slake Durability Index and P-wave Velocity*, Int J Earth Sci (Geol Rundsch), 100:189–195
- Stavridakis, E.I., dan Hatzigogos, T.N. (1999), *Influence of Liquid Limit and Slaking on Cement Stabilized Clayey Admixtures*, Geotechnical and Geological Engineering17: 145–154
- Stavridakis, E.I. (2006), *A solution to the Problem of Predicting the Suitability of Silty-Clayey Materials for Cement-Stabilization*, Geotechnical and Geological Engineering, 24: 379–398
- Sudjianto, A.T., Suryolelono, K.B., Mochtar, I.B. (2011), *The Effect of Variation Index Plasticity and Activity in Swelling Vertical of Expansive Soil*, International Journal of Engineering & Technology, IJET-IJENS Vol: 11 No: 06

Swain, Chinmoy Swain. (2010), *Determination of rock strength from slake durability tests, protodyakonov impact tests and los angeles abrasion resistance tests*, BTEch thesis.

(2003), *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, Volume 103, Masalah 1-4

Tasdemir, Y., Kolay, E., dan Kayabali, K. (2013), *Comparison of Three Artificial Neural Network Approaches for Estimating of Slake Durability Index*, *Environ Earth Sci*

Touloukian, Y.S., Judd, W.R., Roy, R.F. (1981), *Physical properties of rocks and minerals*, McGraw-Hill

Transportation Research Board National Research Council. (1996), *Landslides Investigation and Mitigation*, Special Report 247

Virta, R.L. (2000), *Clay and Shale*, U.S. Geological Survey Minerals Yearbook

Walkinshaw, J.L., Santi, P.M. (1996), *Shale and Other Degradable Materials*, Chap.21 *Landslides Investigation and Mitigation*, National Academy Washington DC

Wesley, L.D. (2012), *Mekanika tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu*, Andi Yogyakarta

Widjadja, B. (2001), *Studi Karakteristik Clayshale Bukit Sentul (Bogor) Berdasarkan Uji Lapangan dan Uji Laboratorium*, Tesis Universitas Katholik Parahyangan

Widjadja, B. (2008), *Engineering characteristics of Bukit Sentul clayshale based on laboratory and in situ tests*, *International Site Characterization (ISC) 3*, At Taipei, Taiwan

www.microscopy.ethz.ch/sem.htm, *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

www.ihrdc.com/els/ipims. (2016), *The Role of Clays and Shales in Low Resistivity Log Response*, demo/t26/offline_IPIMS_s23560/resources/data/G4105.htm