

PENGARUH WAKTU PEMERAMAN DAN GRADASI ZEOLIT TERHADAP KUAT TEKAN BEBAS TANAH LATERIT STABILISASI ZEOLIT AKTIVASI WATERGLASS

Marthen M. Tangkeallo^{1*}, Lawalenna Samang², A.R. Djamaluddin³,
Achmad Bakri Muhiddin⁴

¹Program Studi Doktorat, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar^{2,3,4}
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, Sulawesi Selatan

*Email: tangkeallomarthen@gmail.com

Abstrak

Pekerjaan tanah sangat fundamental pada infrastruktur sipil yang tergantung pada peruntukannya. Pengujian ini untuk mengetahui pengaruh waktu pemeraman dan gradasi zeolite terhadap nilai kuat tekan bebas tanah laterit stabilisasi zeolite aktivasi waterglass. Material tanah laterit mengandung $\pm 59,96\%$ senyawa besi FeO berwarna merah bata kecoklatan. Bahan stabilisasi zeolite memiliki mineral kristal alumina silikat $\pm 81,83\%$ berpori terhidrat yang mempunyai mikrostruktur struktur kerangka 3-D tetrahedral, sedangkan waterglass atau sodium silikat adalah garam yang larut dalam air dengan komposisi sodium meta silikat. Stabilisasi dilakukan dengan 12% zeolit alam dan bergradasi #10, #40 dan #100 terhadap berat tanah dan waterglass sebesar 4% dari berat tanah. Spesimen diuji diperam 0, 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan tanah laterit stabilisasi zeolit dengan aktivasi waterglass meningkat sejalan dengan gradasi zeolite proporsional linear dengan meningkatnya gradasi. Hal ini mengindikasikan kapasitas dukung tanah laterit stabilisasi zeolite dengan aktivasi waterglass mengklasifikasikan 15 sampai 20 kali rasio peningkatan sebesar 15,74. 19,95 kg/cm² pada masa peram 28 hari. Nilai kuat tekan gradasi 100 lebih tinggi dibandingkan dengan gradasi lolos saringan Nomor 10 dan 40.

Kata kunci: Kuat Tekan, Tanah Laterit, Waterglass, Zeolit

PENDAHULUAN

Tanah merupakan dasar suatu struktur atau konstruksi, baik itu konstruksi bangunan gedung, konstruksi jalan, maupun konstruksi yang lainnya. Dalam pengertian teknik, tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain yang terbentuk akibat pelapukan dari batuan. Air dan karbon dioksida dari udara membentuk asam-asam karbon yang kemudian bereaksi dengan mineral-mineral batuan dan membentuk mineral-mineral baru ditambah garam-garam terlarut. Akibat dari pembentukan tanah secara kimiawi, maka tanah mempunyai struktur dan sifat-sifat yang berbeda (Gusti I A A I L, 2014).

Salah satu tanah yang dapat dikembangkan adalah tanah laterit yang sangat berpotensi di daerah Toraja Utara. Daerah ini memiliki kondisi tanah laterit dengan kandungan logam besi oksida relatif tinggi. Upaya pemanfaatan tanah laterit ini khususnya merupakan salah satu solusi untuk menyelesaikan masalah keterbatasan material yang memenuhi syarat teknis pada daerah-daerah tertentu dengan potensi tanah laterit yang melimpah seperti di Toraja Utara 168.480.000 ton pada daerah seluas 360.000 m² (Katawa W, 2010). Penyebaran tanah laterit di Indonesia diperkirakan 8.085 juta ha yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Irian Jaya, dan Jawa.

Kandungan yang pertama yang ada di dalam tanah laterit adalah berupa zat besi. Itulah alasan mengapa tanah laterit ini mempunyai warna merah bata atau agak kecoklatan. Hal ini karena kandungan zat besi di tanah ini sangat banyak. Tanah laterit memiliki variasi yang luas dari warna merah, coklat sampai kuning, tanah residual berukuran butir halus dengan tektur ringan memiliki bentuk butiran nodular dan tersementasi dengan baik [Saing, 2017]. Sifat-sifat fisik tanah laterit sangat bervariasi tergantung pada komposisi minerologi dan distribusi ukuran partikel tanah, granulometri dapat bervariasi dari halus sampai kerikil tergantung asal dan proses pembentukannya sehingga akan mempengaruhi sifat-sifat geoteknik seperti plastisitas dan kuat tekan. Salah satu kelebihan tanah laterit adalah tidak mudah mengembang oleh air, tergantung pada kandungan mineral lempung didalamnya [Yves, 2010]. Penyebaran tanah ini di Indonesia diperkirakan 8.085 juta ha yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Irian Jaya, dan Jawa. Masing-masing seluas 4,016, 2,449, 0,789, 0,296 dan 0,135 juta ha [Saing, 2017].

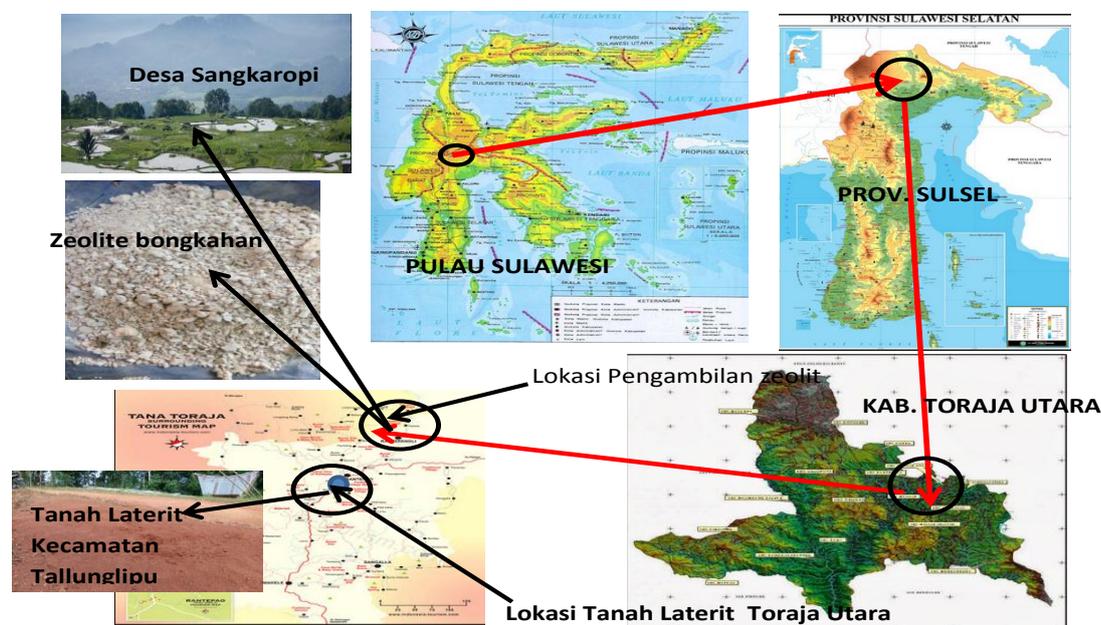
Zeolit telah dikenali selama lebih dari 200 tahun, namun baru pada pertengahan abad ke-20 mereka menarik perhatian para ilmuwan dan insinyur yang menunjukkan pentingnya teknologi mereka di beberapa bidang [Cincotti dkk., 2006]. Zeolit adalah mineral kristal alumina silikat berpori terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$. Kedua tetrahedral di atas dihubungkan oleh atom-atom oksigen, menghasilkan struktur tiga dimensi terbuka dan berongga yang didalamnya diisi oleh atom-atom logam biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas [Demirbas.G (2009)]. Kegunaan Zeolit antara lain untuk industri kertas, pengeringan makanan, pemurnian oksigen, pengontrol polusi (limbah radioaktif, rumah tangga, penangkap gas SO_2 , imbuhan makanan ternak, penghilang bau), pembebasan nitrogen ammonia dari pabrik, pembebasan ion logam dari air, perikanan/tambak ikan/udang, pertanian dan industri-industri lainnya [Bell, R.G. 2001]. Material tanah laterit mengandung $\pm 59,96\%$ senyawa besi FeO berwarna merah bata kecoklatan. Bahan stabilisasi zeolite memiliki mineral kristal alumina silikat $\text{SiO}_2 \pm 81,83\%$ [Tangkeallo.M.M dkk. 2018]

Waterglass atau sodium silikat adalah garam yang larut dalam air dengan komposisi sodium meta silikat (Na_2SiO_3 atau $\text{NaSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Dalam bentuk padat terlihat seperti kristal, larut dalam air panas dan meleleh pada temperatur 1018°C . Waterglass dengan wujudnya yang berupa cairan maka pori tanah dapat terisi dengan mengikatnya menjadi lebih kuat. Walaupun pada suhu kamar, wujudnya berupa gel tetapi dengan penambahan air yang sesuai maka pergerakan untuk masuk ke dalam pori tanah menjadi lebih mudah [Desiana, 2012]. Dengan memperhatikan potensi ini maka penelitian ini dimaksudkan untuk menguji tanah laterit distabilisasi zeolite pada gradasi lolos saringan 10, 40 dan 100 dengan aktivator waterglass.

METODOLOGI

Lokasi

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, Gowa, Sulawesi Selatan. Tanah Laterit dan zeolite alam didatangkan dari Toraja Utara, Sulawesi Selatan pada koordinat $157^\circ-158^\circ 15'$ BT dan $2^\circ 50' 45''-2^\circ 52''$ LS dan bahan aktivasi digunakan sodum silica merek waterglass



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel tanah laterit dan zeolit

Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis

Pengujian dasar fisis dan mekanis untuk menentukan kondisi asli dan klasifikasi Tanah Laterit ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Standar Pengujian

Pengujian	Standar
Kadar Air (Wc)	D 2216-98
Analisa Saringan	C-136-06
Berat Jenis (Gs)	D-126
Batas Cair (LL)	D – 423-66
Batas Plastis (PL)	D – 424-74
Indeks Plastisitas (IP)	D – 424-74
Kuat Tekan Bebas (qu)	D – 633-1994
Kompaksi	D – 698

Program Pengujian

Karakteristik tanah laterit diuji sesuai standar pengujian dan klasifikasi tanah mengaju pada metode UCS dan ASTHO. Nilai kuat tekan bebas tanah laterit stabilisasi zeolite dengan aktivasi waterglass dari berbagai ukuran gradasi Zeolit lolos saringan #10, #40, #100 pada masa peram tertentu. Waterglass dicampurkan 4% pada tanah laterit dan zeolit sebesar 12% dari berat tanah. Selanjutnya akan diamati pengaruh gradasi Zeolit terhadap nilai kuat tekan tanah laterit stabilisasi zeolit aktivasi waterglass. Pengujian dilakukan pada masa peram 0, 7, 14 dan 28 hari. Uji laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat fisik yang meliputi kadar air, batas-batas konsistensi, distribusi ukuran butir, sedangkan uji sifat mekanis meliputi uji pemadatan, uji kuat tekan. Pengujian batas-batas konsistensi tanah dilakukan dengan uji *Atterberg Limit*, untuk pengujian pemadatan dilakukan dengan pemadatan Proctor standar, uji kuat tekan dilakukan dengan pengujian *Unconfined Compression Test*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisis dan Mekanis Dasar Tanah Laterit

Berdasarkan hasil pengujian, maka tanah laterit yang digunakan dalam penelitian ini tergolong lanau tak organik dikarenakan nilai berat jenis sebesar 2,68. Butiran tanah didominasi oleh fraksi lanau sebesar 58,10%. Nilai kuat tekan bebas sebesar 0,998 kg/cm² menunjukkan bahwa tanah laterit tergolong konsistensi menengah/medium.

Analisa distribusi ukuran butir tanah laterit dilakukan dengan analisa saringan dan analisa hydrometer. Uji pemadatan dilakukan untuk memperoleh karakteristik kepadatan tanah maksimum dan kadar air optimum, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan kondisi awal sampel uji kekuatan tanah dan daya dukung tanah. Pengujian menggunakan uji proctor standard tanah laterit. Hasil analisis dari pemadatan, diperoleh kadar air optimum dan berat isi kering tanah adalah 25,24 % dan 1.512 gr/cm³.

Hasil dari pengujian sifat fisis dan mekanis dasar tanah laterit ditunjukkan pada tabel berikut.

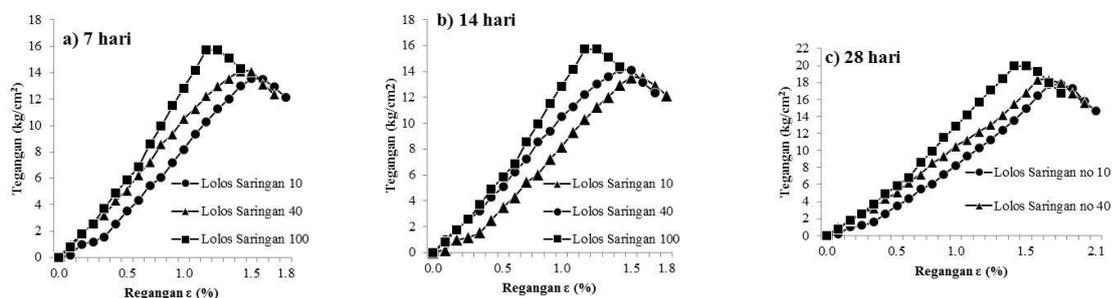
Tabel 3. Rekapitulasi Sifat Fisis dan Mekanis Dasar

Pengujian	Hasil
- Berat Jenis (Gs)	2,68
- Kadar Air (ω)	32,42%
- Batas Batas Atterberg	
Batas Plastis (PL)	47,35%
Batas Cair (LL)	59,75%
Indeks Plastisitas (IP)	12,40%
- Analisa Saringan dan Hidrometer	
Fraksi Pasir	25,20 %

Fraksi Lanau	58,10 %
Fraksi Lempung	16,50 %
- Kompaksi	
Berat Isi Kering	1,512 gr/cm ³
Kadar Air Optimum(ω_{opt})	25,24%
Kuat Tekan Bebas (q_u)	0,998 kg/cm ²

Kuat Tekan Bebas Tanah Laterit Stabilisasi Zeolit Aktivasi Waterglass

Pengaruh gradasi Zeolit terhadap Kuat Tekan Bebas Tanah Laterit stabilisasi Zeolit aktivasi Waterglass dapat diamati setelah campuran dicetak dalam bentuk sampel silindris dengan dimensi diameter 5,5 cm dan tinggi 11 cm. Sampel kemudian diperam untuk mengamati perubahan kuat tekan setelah campuran dianggap telah bereaksi dengan baik.

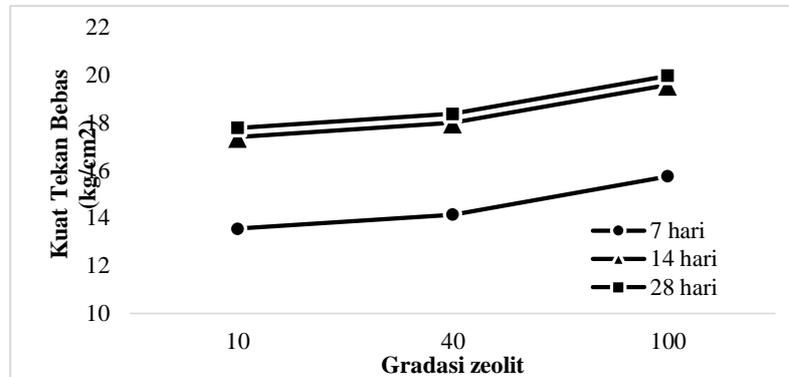


Gambar 2. Nilai Kuat Tekan Bebas dengan Variasi Lolos Saringan 10,40 dan 100

Pengujian kuat tekan bebas dimaksudkan untuk mengetahui nilai kekuatan dukung tanah (q_u) tanah laterit, dengan 3 variasi material zeolit bahan stabilisasi gradasi lolos no #10, #40 dan #100 dengan penambahan zeolite 12% dan waterglass 4% dengan waktu peram 7, 14, dan 28 hari. Campuran tanah laterit dengan bahan stabilisasi zeolit dan aktivator waterglass didasarkan pada kondisi optimum proctor, yaitu pada kondisi berat isi kering maksimum dan kadar air optimum. Hasil pengujian kuat tekan bebas untuk tanah laterit stabilisasi zeolit dan aktivator waterglass dirangkum seperti Gambar 2. Perubahan kuat tekan bebas (q_u) tanah laterit dengan stabilisasi zeolite dan waterglass mengalami peningkatan signifikan 20 kali lipat lebih besar dari tanah asli seiring penambahan stabilisasi zeolite serta penambahan bahan aktivator waterglass dan peningkatan waktu peram, terjadi peningkatan kuat tekanan tanah pada masa peram 28 hari yang lolos saringan #10,#40,#100 sebesar masing-masing 15,74 kg/cm², 19,56 kg/cm² dan 19,95 kg/cm².

Berdasarkan gambar 3 hubungan nilai kuat tanah laterit stabilisasi zeolite pada variasi gradasi yang diaktivasi dengan waterglass terlihat bahwa peningkatan kuat tekan bebas dari waktu pemeraman 0 hari sampai 7 hari terjadi peningkatan yang signifikan sekitar 13 kali, tapi dari waktu pemeraman dari 7 hari sampai dengan 28 hari sedikit sekali peningkatannya sekitar 1 kali. Hal ini terjadi karena semakin banyak kadar zeolite yang digunakan, maka kuat tekan juga meningkat karena terdapat kesamaan komposisi penyusun dari zeolit dan waterglas, yaitu kedua-duanya dominan terdapat SiO₂ yang berfungsi sebagai pengikat. Hubungan nilai kuat tekan tanah terjadi karena partikel-partikel lempung memiliki muatan permukaan tinggi yang dapat menarik kation (ion bermuatan positif). Terjadi dua reaksi, yaitu pertukaran kation dan flokulasi aglomerasi, berlangsung cepat dan langsung menghasilkan perkuatan pada plastisitas tanah, kemampuan, kekuatan yang awet, dan sifat-sifat beban-deformasi. Pertukaran kation pada partikel-partikel lempung membuat ukuran partikel menjadi bertambah besar dan mengurangi indeks plastisitas tanah yang kemudian diikuti oleh penurunan potensi pengembangan tanah; peningkatan derajat keasaman (pH) tanah yang berakibat pada peningkatan kapasitas pertukaran ion-ion positif (kation); bercampurnya silica (SiO₂), dan alumina (Al₂O₃) dari zeolit dengan air membentuk pasta yang mengikat partikel lempung dan menutupi pori-pori tanah, meningkatnya kepadatan maksimum

tanah akibat reaksi pozzolanik yang semakin meningkat karena unsur-unsur SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 yang terdapat oleh zeolit, proses pozzolan ini terjadi antara kalsium hidroksida dari tanah bereaksi dengan silikat (SiO_2) dan aluminat (Al_2O_3) dari zeolit membentuk material pengikat yang terdiri dari kalsium silikat atau aluminat silikat; reaksi ion Ca^{2+} dengan silikat (SiO_2), dan aluminat (Al_2O_3) dari permukaan partikel lempung membentuk pasta sehingga mengikat partikel-partikel tanah



Gambar 4. Nilai Kuat Tekan Bebas dengan Waktu Pemeraman Tertentu terhadap Gradasi Zeolit

Berdasarkan gambar 4 hubungan nilai kuat bebas dengan waktu pemeraman terhadap gradasi zeolite yang diaktivasi dengan waterglass terlihat bahwa peningkatan kuat tekan bebas dari gradasi 10 ke gradasi 40 terjadi peningkatan kuat tekan bebas sekitar 4 kali, sedangkan dari gradasi 40 ke gradasi 100 terjadi peningkatan lebih kecil sebesar 1 kali.

KESIMPULAN

Karakteristik tanah laterit tergolong jenis lanau, studi mengidentifikasi dengan konsistensi medium. Perbedaan gradasi Zeolit mempengaruhi nilai kuat tekan, semakin halus gradasi maka akan lebih tinggi kuat tekan. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa Zeolite dapat menjadi filler yang baik pada stabilisasi tanah dan waterglass dapat meningkatkan kekuatan dan mengurangi permeabilitas tanah. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh seiring dengan bertambahnya masa pemeraman yaitu pada perem 28 hari dengan gradasi Zeolit lolos saringan #100 sebesar $19,95 \text{ kg/cm}^2$ atau 20 kali lipat dari daya dukung tanah tanpa stabilisasi.

Saran

Diharapkan untuk mendapatkan hasil nilai kuat tekan bebas sebagai pembandingan maka seharusnya ada variasi zeolite terhadap waterglass setiap gradasi zeolite yang lolos saringan #10, #40, dan #100.

DAFTAR PUSTAKA

- Achampong. F, R Adjetej R A, Boadu F, Boso N. D, L.P. Chegbele L.P. (2013) Chemical Stabilization of Laterite Soils for Road construction, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 11, November-2013 ISSN 2229-5518
- Alfian R, Lusmeilia A, Iswan (2015) Studi Analisis Daya Dukung Tanah Lempung Berplastisitas Tinggi yang Dicampur Zeolit, JRSDD, Edisi Juni 2015, Vol. 3, No. 2, Hal:221 – 236 (ISSN:2303-0011)
- Bell, R.G. (2001), "What are Zeolite?", <http://www.bza.org/zeolites.html>. Tanggal 15 Januari 2007
- Demirbas.G (2009) *Stabilization Of Expansive Soils Using Bigadic Zeolite*, Thesis, <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12610671/index.pdf>

- Cincotti. A., Mameli. A., Locci. A. M., Orru. R., Cao. G., Heavy Metals Uptake by Sardinian Natural Zeolites: Experiment and Modeling, *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 45, No. 3, pp. 1074-1084, 2006
- Das, B. M. 1993. *Mekanika Tanah. (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid I Penerbit Erlangga, Jakarta
- I Gusti Agung Ayu Istri Lestari, *Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif*, *GaneÇ Swara* Vol. 8 No.2 September 2014
- Kartawa W. Kusumh,D.K Potensi Zeolit Di Daerah Sangkaropi-Mendila, Tana Toraja, Sulawesi Selatan, *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral* , 2010
- Sera Desiana, Danar S. W., Budi H, Pengaruh Variasi Waterglass Terhadap Kadar Air Dan Kadar Lempung Pada Pasir Cetak, *NOSEL* Vol. 1 No. 1, Juli 2012
- Tangkeallo.M.M,Samang L, A.R. Djmaluddin and Muhiddin, A.B . 2018. “*Experimental Study Of Laterite Soil Stabilized With Zeolite*” ”*The 4th International Symposium on infrastruktur Development. Manado Indonesia October 12, 2018*
- Tardy, Yves (1997), *Petrology of Laterites and Tropical Soils*. ISBN90-5410-678-6. Retrieved April 17,2010
- Zubair S, Samang L, Harianto.T and Patanduk.J . 2017. “*Study on Characteristic of Laterite Soil with Lime Stabilization as a Road Foundation*” *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 14 (2017) pp. 4687-4693