

# Elastisitas dan Rasio Poisson Campuran Tanah Laterit dan Kapur Padam ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

Haris Tribowo<sup>1\*</sup>, Muhammad Wihardi Tjaronge<sup>1</sup>, Tri Harianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

\*Email: haristribowo@ymail.com

DOI: 10.25042/jpe.052020.04

## Abstrak

Kondisi infrastruktur jalan darat yang tidak memadai menjadikan jalur udara sebagai andalan untuk pengangkutan orang dan barang, termasuk berbagai kebutuhan pokok di Papua. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai modulus elastisitas dan poisson rasio yang telah distabilisasi dengan kapur menggunakan curing air dan udara selama 7 hari. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental di laboratorium. Dimensi benda uji yang digunakan adalah silinder ukuran 53 x 106 mm. Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian stabilisasi tanah ini diambil dari Tanah Merah Kabupaten Bovendigul. Campuran tanah lempung dan kapur dibuat dengan menggunakan kadar air sebesar 35%. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa rata-rata nilai modulus elastisitas (vertikal dan horizontal) pada curing air dan udara adalah masing-masing sebesar 122,82 MPa; 92,23 MPa dan 51,11 MPa; 424,43 MPa. Sedangkan rata-rata nilai poisson rasio adalah masing-masing sebesar 0,66  $\mu$  dan 0,06  $\mu$ .

## Abstract

*Elasticity and Poisson Ratio of the Mixture of Laterite and Hydrated Lime Soils ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).* Inadequate road infrastructure conditions make the airway a mainstay for the transportation of people and goods, including basic needs in Papua. This study aims to determine the value of elastic modulus and poisson ratio that has been stabilized with lime using curing water and air for 7 days. The method used in this research is experimental method in laboratory. The test object dimension used is cylinder size 53 x 106 mm. The soil samples used in this soil stabilization study were taken from Tanah Merah Bovendigul District. Clay and lime soil mixtures are prepared by using moisture content of 35%. The results of the compressive strength test show that the average value of elastic modulus (vertical and horizontal) on curing of water and air is 122.82 MPa each; 92.23 MPa and 51.11 MPa; 424.43 MPa. While the average value of poisson ratio is respectively of 0.66  $\mu$  and 0.06  $\mu$ .

**Kata Kunci:** Curing, kapur, modulus elastisitas, Poisson ratio, tanah laterit

## 1. Pendahuluan

Di Indonesia terdapat beberapa batuan yang mengandung senyawa karbonat, antara lain: batu kapur, batu kapur kerang dan batu kapur magnesia. Batu kapur merupakan salah satu bahan galian industri yang potensinya sangat besar dengan cadangan diperkirakan lebih dari 28 milyar ton yang tersebar di seluruh daerah di Indonesia. Menurut Data dan Informasi Pertambangan Propinsi Papua Tahun 2001 [1], Provinsi Papua sendiri memiliki potensi batu kapur, dan masih tersisa sekitar Kabupaten Keerom, Kabupaten Sarmi dan Kabupaten Fak-Fak Provinsi Papua.

Kondisi tanah dasar di kabupaten Tanah Merah (Bovendigul) didominasi oleh tanah lempung lunak (*soft clay*). Hal tersebut membuat masalah yang sering dijumpai apabila

harus membangun konstruksi sipil di atas tanah lempung lunak karena kemampuan mampatan yang tinggi. Untuk menanggulangi masalah tersebut, metode yang umum digunakan adalah perbaikan tanah.

Metode perbaikan tanah yang telah banyak dikenal dan dapat dikelompokkan dalam 2 (dua) kelompok, yaitu perbaikan cara mekanis dan cara kimia. Metode perbaikan tanah cara mekanis telah banyak dikembangkan adalah pemberian beban awal (*preloading*) dan pemasangan cerucuk (*micropile*), *stone column*, dan geotextile. Metode secara kimiawi adalah dengan kapur, semen, abu sekam, dan abu terbang (*fly ash*).

Batu kapur sebagai bahan stabilisasi (*stabilizing agent*) tanah dasar telah lama digunakan untuk pembuatan jalan raya seperti: di Roma, Yunani, India, Cina [2]. Oleh karena



batuan kapur dengan mudah diperoleh dan harganya yang relatif murah di daerah Papua sehingga besar kesempatan untuk memanfaatkan batuan kapur tersebut dalam perbaikan tanah dasar. Penggunaan batu kapur untuk keperluan struktur harus mempertimbangkan persyaratan teknis seperti daya dukung, keawetan, dan keausan. Menurut

Modul Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya, tes kekuatan tumbukan merupakan salah satu tes yang dapat memberi petunjuk tentang kekuatan relatif suatu agregat terhadap beban tekan yang akan digunakan untuk konstruksi jalan raya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai modulus elastisitas dan poisson rasio campuran tanah laterit dan kapur padam.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Lokasi dan Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental dan kajian pustaka. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Riset Eco Material Jurusan Sipil Fakultas Teknik Gowa Universitas Hasanuddin. Adapun waktu penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 3 bulan.

### 2.2. Metode Penelitian dan Variasi Benda Uji

Penelitian yang dilakukan adalah uji eksperimental dan kajian pustaka tentang stabilisasi tanah lunak dengan menggunakan kapur sebagai bahan penstabilisasi. Material yang digunakan berupa tanah laterit yang berasal dari Kabupaten Bovendigoel, Provinsi Papua dan batu kapur (*limestone*) yang diperoleh dari PT Torea Kabupaten Fak-fak Provinsi Papua Barat. Penyiapan material tanah lempung dilakukan dengan cara tanah lempung dikeringkan pada kondisi kering permukaan atau dalam kondisi SSD. Sedangkan untuk batuan kapur terlebih dahulu dikalsinasi dengan cara dipanaskan pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$  selama 4 sampai dengan 5 jam.

Kemudian dilakukan pengkajian dan pengujian kuat tekan (*Compressive Strength*) yang digunakan untuk menganalisis nilai modulus elastisitas setelah benda uji mengalami proses perendaman dalam air dan curing udara selama 7 hari.

Benda uji yang dibuat berjumlah 30 yang digunakan untuk menentukan kadar kapur optimum sedangkan benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dengan variasi perendaman air dan untuk kuat tekan tanah asli adalah sebanyak 15 benda uji.

### 2.3. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dimulai dengan pemeriksaan karakteristik material campuran dan memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, maka dibuat proporsi agregat gabungan dengan menggunakan metode coba-coba (*trial and error*). Setelah dilakukan "*Trial and Error*" terhadap campuran lempung dan kapur padam, diperoleh perbandingan komposisi campuran (lempung dan kapur lolos saringan No. 200) optimum yaitu 1 : 1 untuk 1 buah benda uji silinder diameter 5,3 cm dengan tinggi 10,6 cm dengan kadar air campuran 35%. Untuk memperoleh rancangan campuran kapur dan tanah lempung, maka ditentukan volume dan berat dari masing-masing material yang digunakan.

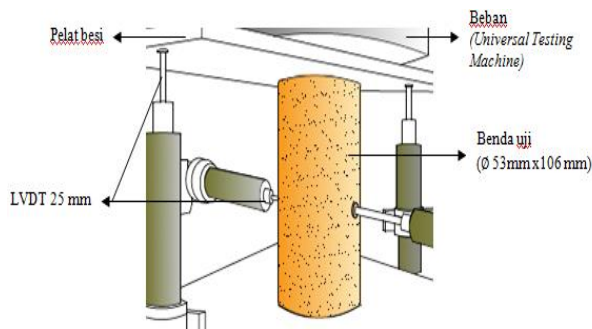
Setelah dibuat rancangan komposisi campuran, selanjutnya dilakukan pemeriksaan karakteristik campuran tanah lempung dan kapur berupa berat jenis dan analisa saringan. Benda uji dibuat dari tanah lempung dan kapur yang telah diuji sesuai dengan standar dicampur berdasarkan hasil perancangan campuran dengan perbandingan 1 : 1 dengan kadar air 35%. Benda uji yang telah dibuat selanjutnya dilakukan perawatan terhadap benda uji yaitu *curing* air dan udara selama 7 hari.

### 2.4. Metode Analisis Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dimulai dengan pengujian karakteristik material berupa karakteristik fisik dan karakteristik kimia yang terdiri dari tanah lempung dan batuan kapur. Pengujian karakteristik fisik dan kimia ini dilakukan dengan mengacu pada standar-standar spesifikasi yang ada seperti Standar Nasional Indonesia (SNI) dan ASTM (*American Standard Testing Material*). Selanjutnya dilakukan pembuatan rancangan campuran antara material tanah lempung dengan kapur dengan kadar air yang digunakan adalah 35%. Setelah benda uji telah dibuat, dilakukan pengujian karakteristik campuran berupa



pengujian modulus elastisitas dan poisson rasio dengan memberikan perlakuan terhadap benda uji yaitu *curing* air dan udara selama 7 hari. Ukuran benda uji yang dibuat adalah silinder ukuran 53 x 106 mm masing-masing 3 buah. Gambar 1 memperlihatkan setting pengujian kuat tekan, modulus elastisitas dan poisson rasio yang dilakukan di laboratorium.



Gambar 1. Pengujian kuat tekan, elastisitas dan Poisson rasio

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Karakteristik Material

Pengujian yang dilaksanakan meliputi pengujian karakteristik fisik tanah lempung dan batuan kapur, dimana batuan kapur terdiri dari batuan kapur sebelum dikalsinasi dan batuan kapur setelah dikalsinasi. Tanah lempung yang digunakan berasal dari Quarry Waropko yang terletak di Distrik Waropko Kabupaten Bovendigoel Provinsi Papua dan Material kapur dari Quarry PT. Torea Kabupaten Fak-fak Provinsi Papua Barat.

#### 3.2. Karakteristik Fisik Tanah Laterit

Tabel 1 memperlihatkan karakteristik fisik tanah laterit yang digunakan dalam penelitian ini. Pemeriksaan karakteristik fisik tanah lempung dilakukan untuk menentukan kelayakan tanah lempung digunakan dalam penelitian, mengingat tanah laterit merupakan material utama dalam penelitian ini. Hasil pengujian analisa saringan menunjukkan tanah yang lolos saringan No. 200 (0.075 mm) lebih besar dari 36%, maka tanah dapat diklasifikasikan kedalam kelompok A-4; A-5; A-6; A-7. Batas cair (LL) = 56,75%; > 41% maka tanah tersebut masuk ke dalam kelompok A-5. Indeks pastisitas (PI) = 21,19 % maka masuk ke dalam kelompok A-5 (PI<10%) dan A-7 (PI>11%). Tanah tersebut dapat

diklasifikasikan kedalam kelompok A-7-5 (PL>30%) dan A-7-6 (PL<30%). Dengan batas plastis (PL) = 35,56%; <30% maka tanah tersebut masuk kedalam kelompok A-7-5. Tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini berada pada kelompok A-7-5 dan termasuk klasifikasi tanah lempung dengan plastisitas tinggi. Berdasarkan buku 7 Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan (Lapis Pondasi Tanah Kapur) Dirjen Bina Marga Tahun 2006 [3] bahwa tanah yang digunakan untuk pondasi tanah yang distabilisasi dengan kapur adalah tanah yang tergolong sebagai tanah lempung dan termasuk tanah ekspansif. Dengan demikian tanah yang digunakan dalam penelitian ini harus distabilisasi dengan kapur.

Tabel 1. Karakteristik fisik tanah lempung

No	Karakteristik material	Interval	Hasil pemeriksaan
1	Klasifikasi tanah	A-1 – A-7	A-7
2	Analisa saringan	>36 % (No. 200)	39 %
	Batas-batas Atterberg		
	Batas cair (LL)	30-110 %	56,75 %
3	Batas plastis (PL)	25-40 %	35,56 %
	Batas susut (SL)	25-29 %	27,65 %
	Indeks plastisitas (PI)	>17	21,19 %
4	Berat jenis	2,58-2,75	2,607
			$\gamma_{dry} = 1508$ gr/cm <sup>3</sup>
5	Kompaksi		$W_{opt} = 25,24$ %

#### 3.3. Karakteristik Fisik Batuan Kapur

Batuan kapur digunakan dalam penelitian ini sebagai bahan penstabilisasi terhadap tanah lempung. Pengujian karakteristik fisik batuan kapur yang dilakukan dengan 2 tahap yaitu sebelum dikalsinasi dan setelah dikalsinasi. Tabel 2 memperlihatkan karakteristik fisik batuan kapur sebelum dan setelah dikalsinasi. Pada batuan kapur sebelum dikalsinasi, dengan menggunakan metode pengujian berat jenis yang sama dengan pengujian tanah lempung, maka diperoleh nilai berat jenis batu kapur yaitu sebesar 3,638 dan hasil analisa saringan menunjukkan 50% batu kapur yang lolos saringan No. 200. Berdasarkan buku 7 Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan (Lapis Pondasi Tanah Kapur) Dirjen Bina Marga Tahun 2006 [3] bahwa tidak

mensyaratkan kehalusan butir batu kapur dan batu kapur yang digunakan memenuhi spesifikasi Dirjen Bina Marga Tahun 2006. Namun demikian, pada batuan kapur setelah dikalsinasi, diperoleh berat jenis sebesar 2,308 dan hasil analisa saringan menunjukkan 30% lolos saringan No. 200. Selain itu, diperoleh hasil berupa kapur tohor (CaO) yang masih menyatu dengan agregat berbentuk kerikil. Selanjutnya dilakukan penyiraman (CaO + H<sub>2</sub>O) dengan air sehingga diperoleh kapur padam (Ca(OH)<sub>2</sub>) atau *portlandite* yang berbentuk halus sebesar 30% dari berat batu kapur semula dan agregat sebesar 65%. Hasil ini menunjukkan bahwa batuan kapur tersebut adalah dolomite (CaCO<sub>3</sub>.CaMgO<sub>3</sub>).

**Tabel 2. Hasil pemeriksaan karakteristik fisik batuan kapur sebelum dan sesudah dikalsinasi**

No.	Karakteristik Material	Hasil pemeriksaan	
		Sebelum dikalsinasi	Setelah dikalsinasi
1	Berat jenis	3,638	2,308
2	Analisa saringan	50% lolos saringan No. 200	30% lolos saringan No. 200

### 3.4. Rancangan Campuran Lempung dan Kapur

Rancang campuran lempung dan kapur yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan metode *trial and error*, hingga diperoleh komposisi campuran yang optimum digunakan. Rancang campuran lempung dan kapur dapat dilihat pada Tabel 3. Komposisi campuran yang digunakan adalah tanah yang lolos saringan No. 200 yang telah diketahui memiliki kadar air optimum sebesar 25,24%, selanjutnya akibat

penambahan kapur, maka kadar air total campuran adalah 35%. Rentang penambahan air ini dimaksudkan agar dapat terjadi reaksi pozolanik antar kandungan lempung dan kapur padam.

**Tabel 3. Rancangan campuran lempung dan kapur**

Bahan	Jumlah	Satuan
Tanah	182,7464	gram
Kapur	182,7726	gram
Air	127,9246	gram

Penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Khusus Interim (2013) [4] tentang lapis pondasi semen komposit tanah, Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.

### 3.5. Modulus Elastisitas dan Poisson Rasio Campuran Lempung dan Kapur

Tabel 4 memperlihatkan hasil pengujian modulus elastisitas dan poisson rasio dengan curing air dan udara pada umur 7 hari. Terlihat bahwa pada *curing* air modulus elastisitas vertikal dan horizontal pada benda uji 1, 2 dan 3 adalah masing-masing sebesar 91,39 MPa; 88,49 MPa, 127,42 MPa; 94,89 MPa dan 149,66 MPa; 93,30 MPa. Sedangkan pada *curing* udara, modulus elastisitas vertikal dan horizontal pada benda uji 1, 2 dan 3 adalah masing-masing sebesar 41,00 MPa; 438,46 MPa, 55,33 MPa; 316,67 MPa dan 57,00 MPa; 518,18 MPa. Untuk hasil pengujian poisson rasio pada *curing* air dan udara benda uji 1, 2 dan 3 adalah masing-masing sebesar 0,51  $\mu$ ; 0,04  $\mu$ , 0,67  $\mu$ ; 0,08  $\mu$  dan 0,80  $\mu$ ; 0,05  $\mu$ .

**Tabel 4. Hasil pengujian modulus elastisitas dan Poisson rasio**

Curing	Benda uji	$\sigma$ (MPa)			$\epsilon$	E (MPa)		Poisson rasio ( $\mu$ )
		V	H	V		H		
Air	1	1,11	2,23	0,02	0,02	91,39	88,49	0,51
	2	1,11	2,23	0,01	0,02	127,42	94,89	0,67
	3	1,11	2,23	0,01	0,02	149,66	93,30	0,80
Udara	1	0,28	0,28	0,01	0,0013	41,00	438,46	0,04
	2	0,28	0,28	0,01	0,0018	55,33	316,67	0,08
	3	0,28	0,28	0,01	0,0011	57,00	518,18	0,05

Ket.: V : Vertikal; H : Horizontal

Dalam penelitian ini terlihat bahwa ada beberapa aspek yang menyebabkan modulus elastisitas dan poisson rasio berbeda antara benda uji *curing* air dan udara. Hal ini disebabkan karena pada permukaan partikel lempung yang

bermuatan negatif mengikat molekul air yang bermuatan positif menyebabkan air pada lapisan permukaan lempung atau air serapan meningkat, air pada lapisan permukaan lempung yang meningkat menyebabkan jarak antar partikel





lempung semakin jauh dan hal ini membuat kekuatan campuran menurun. Selanjutnya seiring bertambahnya umur benda uji, nilai kuat tekan ikut meningkat hal ini disebabkan karena antara partikel lempung dan kapur mulai bereaksi membentuk fase yang keras  $\text{CaCO}_3$  dan CSH. Merujuk penelitian yang telah dilakukan oleh Portelinha dkk., 2012 [5] yang melakukan uji kuat tekan bebas pada tanah laterit (*red yellow latosol*) dengan umur 7 hari adalah sebesar 0,3 MPa. Hal ini berarti tanah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai kuat tekan bebas yang lebih besar 210%.

Beberapa penelitian telah mengungkapkan bahwa dengan penambahan kapur maupun penambahan semen ataupun penambahan kedua material penstabilisasi ini (kapur dan semen) mampu memperbaiki dan meningkatkan kinerja tanah yang distabilisasi sehingga tanah tersebut memiliki sifat atau daya dukung tanah yang lebih baik dari daya dukung tanah yang semula [5]–[14].

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Penggunaan kapur telah banyak digunakan sebagai bahan penstabilisasi pada tanah lunak dengan tujuan untuk memperbaiki kinerja dari tanah lunak tersebut. Campuran antara tanah lempung lokal Papua dengan penambahan kapur memenuhi parameter yang dipersyaratkan oleh standar Lapis Pondasi Semen Komposit Tanah menurut spesifikasi khusus Interim Seksi 5.4 Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga dan memiliki potensi untuk diaplikasikan di lapangan. Pengaruh kapur terhadap kekakuan tanah adalah semakin banyak kapur yang dicampurkan kedalam tanah lempung maka kekakuan akan semakin besar sehingga siklus pembebanan semakin banyak, dimana jumlah siklus pembebanan (*cycle*) akan ekuivalen dengan umur lapis perkerasan jalan.

#### Ucapan Terimakasih

Penelitian ini adalah bagian dari serangkaian pengembangan penggunaan batu kapur sebagai bahan penstabilisasi yang dilaksanakan di Laboratorium riset Eco Material. Diantara yang terlibat adalah Dr. Akbar Caronge, Dr. Yohanis Tulak Todingrara', Paimin, ST., MT, Melyanto, ST., MT dan Miswar Tumpu, ST., MT.

#### Referensi

- [1] Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Papua, *Pemanfaatan dan Pendayagunaan Potensi Pertambangan*. 2001.
- [2] C. H. Oglesby and R. G. Hicks, *Highway Engineering*, Fourth. New York: John Wiley & Sons, 1982.
- [3] Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan Buku 7 Lapis Pondasi Tanah Kapur*. Departemen Pekerjaan Umum: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2006.
- [4] Spesifikasi Khusus Interim, *Lapis Pondasi Semen Komposit Tanah*. Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2013.
- [5] F. H. M. Portelinha, D. C. Lima, M. P. F. Fontes, and C. A. B. Carvalho, "Modification of a Lateritic Soil with Lime and Cement," *An Econ. Altern. Flex. Pavement Layers, Soils Rocks*, vol. 35, no. 1, pp. 51–63, 2012.
- [6] S. J. Dash and M. Hussain, "Lime Stabilization of Soils," *J. Mater. Civ. Eng. ASCE*, vol. 2, no. 6, pp. 707–714, 2012.
- [7] S. Horpibulsuk, N. Miura, and T. S. Nagaraj, "Clay–Water/Cement Ratio Identity for Cement Admixed Soft Clays," *J. Geotech. Geoenvironmental Eng.*, vol. 131, no. 2, pp. 187–192, 2005.
- [8] N. C. Consoli, P. Prietto, J. Carraro, and K. S. Heineck, "Behavior of Compacted Soil-Fly Ash-Carbide Lime Mixtures," *J. Geotech. Geoenvironmental Eng.*, pp. 774–782, 2001.
- [9] Y. Yi, M. Liska, and A. Al-Tabbaa, "Properties of Two Model Soils Stabilized with Different Blends and Contents of GGBS, MgO, Lime, and PC," *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 26, no. 2, pp. 267–274, 2014.
- [10] N. Latifi, A. Marto, and A. Eisazadeh, "Analysis of Strength Development in Non-traditional Liquid Additive-stabilized Laterite Soil from Macro and Micro-structural Considerations," *Env. Earth Sci*, vol. 73, pp. 1133–1141, 2015.
- [11] C. Tang, B. Shi, W. Gao, F. Chen, and Y. Cai, "Strength and Mechanical Behavior of Short Polypropylene Fiber Reinforced and Cement Stabilized Clayey Soil," *Geotext. Geomembranes*, vol. 25, pp. 194–202, 2007.
- [12] D. K. Paul and C. T. Gnanendran, "Stress–strain Behaviour and Stiffness of Lightly Stabilised Granular Materials from UCS Testing and Their Predictability," *Int. J. Pavement Eng.*, vol. 14, no. 3, pp. 291–308, 2013.
- [13] Y. T. Todingrara', M. W. Tjaronge, T. Harianto, and M. Ramli, "Performance of Laterite Soil Stabilized with Lime and Cement as a Road Foundation," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 12, no. 14, pp. 4699–4707, 2017.
- [14] Z. Saing, L. Samang, T. Harianto, and J. Patanduk, "Study on Characteristic of Laterite Soil with Lime Stabilization as a Road Foundation," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 12, no. 14, pp. 4687–4693, 2017.

