

## PENGARUH NILAI INDEKS PLASTISITAS TANAH LEMPUNG TERHADAP PERUBAHAN KUAT KOKOH TANAH LEMPUNG AKIBAT VARIASI KADAR AIR

Paravita Sri Wulandari<sup>1</sup>, Daniel Tjandra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Jl.Siwalankerto 121-131 Surabaya  
Email: paravita@petra.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Jl.Siwalankerto 121-131 Surabaya  
Email: danieljtj@petra.ac.id

### ABSTRAK

Pada tanah lempung, perubahan musim dan naik turunnya muka air tanah dapat mengakibatkan tanah mengalami perubahan kekuatan. Bila tidak diperhitungkan dengan baik, perubahan kekuatan tanah tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh indeks plastisitas (PI) terhadap perubahan kuat kokoh tanah lempung ketika terjadi perubahan kadar air tanah. Pada penelitian ini digunakan contoh tanah lempung dengan nilai indeks plastisitas yang berbeda dari lima lokasi di Surabaya bagian Timur dan Selatan. Variasi kadar air dilakukan dengan pengurangan air pada contoh tanah secara alami di ruang terbuka sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari kadar air kondisi awal. Sedangkan untuk mengetahui kuat kokoh tanah pada setiap kondisi kadar air tersebut digunakan *Unconfined Compression Test*. Dari hasil pengujian di laboratorium, didapatkan bahwa sejalan dengan kenaikan kadar air, kuat kokoh tanah lempung mengalami penurunan yang signifikan demikian juga sebaliknya. Selain itu, semakin tinggi nilai PI tanah, maka perubahan kuat kokoh tanah akibat variasi kadar air semakin kecil dan sebaliknya. Pada rentang perubahan kadar air yang sama yaitu sekitar 36%, tanah lempung dengan nilai PI mendekati 90, mengalami perubahan kuat kokoh tanah 8 kali lipat. Sedangkan tanah lempung dengan nilai PI berkisar 50, mengalami perubahan kuat kokoh tanah mencapai 50 kali lipat.

Kata kunci: Tanah lempung, variasi kadar air, indeks plastisitas, kuat kokoh.

### 1. PENDAHULUAN

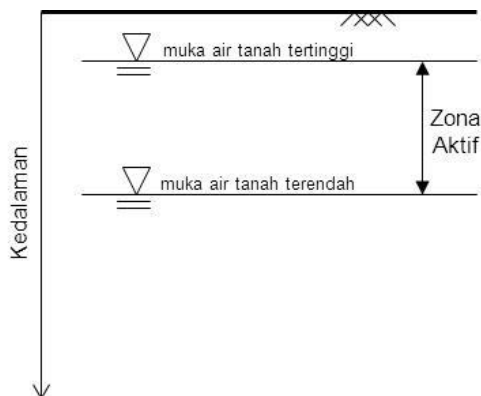
Perubahan musim di negara tropis seperti Indonesia dapat menyebabkan variasi kadar air tanah. Pada tanah lempung, kondisi tersebut mempengaruhi kadar air tanah di zona aktif, dimana terjadi fluktuasi muka air tanah. Pada musim hujan, terjadi peningkatan elevasi muka air tanah, sebaliknya pada musim kemarau terjadi penurunan elevasi muka air tanah. Variasi kadar air pada zona tersebut akan menyebabkan perubahan karakteristik tanah dan perubahan ini berdampak pada kuat kokoh tanah lempung (Indarto, 2008, Shaya N.A., 2001, Yalcin A., 2011).

Perilaku tanah lempung akibat variasi kadar air perlu dipahami agar perencanaan pondasi dapat dilakukan dengan baik dan tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan. Salah satu hal penting yang perlu diperhatikan adalah penetrasi air ke dalam tanah yang dapat meningkatkan nilai kadar air dalam tanah dan pada akhirnya dapat menurunkan kuat geser tanah secara signifikan (Tjandra dkk., 2013, Tjandra dkk., 2014, Tjandra dkk., 2015). Dalam penelitian ini, serangkaian percobaan laboratorium dilakukan untuk memahami dampak variasi kadar air terhadap kuat kokoh tanah lempung. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh nilai indeks plastisitas tanah lempung terhadap perubahan kuat kokoh tanah lempung akibat pengeringan dan pembasahan saat terjadi fluktuasi muka air tanah.

### 2. PERUBAHAN KADAR AIR PADA TANAH LEMPUNG

Tanah lempung merupakan tanah dengan butiran sangat kecil yang berukuran lebih kecil dari 0.002 mm. Partikel tanah lempung sangat halus dan berbentuk pipih. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada saat kadar airnya meningkat. Pada saat kadar air tinggi, tanah lempung akan bersifat lengket dan lunak (Das B.M., 1999 dan Bowles J.E., 1984).

Tanah lempung yang memiliki muka air tanah pada umumnya berada pada kondisi jenuh dimana seluruh pori-pori tanah terisi penuh oleh air. Akan tetapi pada lapisan tanah dimana terjadi fluktuasi muka air tanah, variasi kadar air dimungkinkan terjadi. Lapisan tanah yang berada pada zona aktif tersebut dimungkinkan berada pada kondisi tidak jenuh serta dapat mengalami perubahan karakteristik fisik dan mekanik. Fluktuasi muka air tanah terjadi pada suatu zona yang disebut zona aktif ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Zona Aktif pada Tanah Lempung

Perubahan kadar air pada zona aktif sangat mempengaruhi kekuatan tanah lempung untuk mendukung pondasi di atasnya. Kandungan air secara signifikan berpengaruh pada perubahan kohesi tanah. Ketika kadar air meningkat, kohesi tanah menurun. Hal ini disebabkan karena peningkatan kadar air dapat mengubah jarak antar partikel tanah, yang selanjutnya diikuti penurunan kekuatan ikatan antar-partikel tanah. Penurunan kekuatan ikatan menghasilkan penurunan kohesi dan hilangnya kekuatan geser. Dalam penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Yalcin (2011), ditunjukkan bahwa kohesi tanah di musim kemarau mencapai empat kali lebih tinggi daripada kohesi tanah di musim hujan. Sebagai contoh, kohesi sebesar  $149 \text{ kN/m}^2$  di musim kemarau, sedangkan di musim hujan, kohesi menurun hingga  $37 \text{ kN/m}^2$ .

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan menentukan pengambilan contoh tanah di kota Surabaya. Pengambilan contoh tanah dilakukan pada lima lokasi yang berbeda di Surabaya bagian Timur dan Selatan. Contoh tanah diambil secara tidak terganggu dengan menggunakan tabung dari pipa besi (*shelbytube*) berdiameter 7 cm pada kedalaman zona aktif, yaitu kurang lebih satu meter dari permukaan tanah asli. Tanah yang telah diambil dengan tabung tersebut kemudian segera ditutup dengan lilin atau plastik di bagian atas dan bawah untuk mencegah terjadinya perubahan kadar air. Setelah itu contoh tanah dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian.

Tahap penelitian berikutnya adalah melakukan pengujian laboratorium terhadap contoh tanah yang diambil dari lapangan. Pengujian laboratorium yang dilakukan berupa pengujian karakteristik fisik dan mekanik tanah. Pengujian karakteristik fisik adalah pengujian yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu contoh tanah yang diambil dari lapangan. Pengujian karakteristik fisik tanah yang dilakukan meliputi kadar air, indeks konsistensi (batas cair, batas plastis dan batas susut) dan berat spesifik. Sedangkan pengujian karakteristik mekanik tanah berupa penentuan nilai parameter kuat geser tanah. Pada penelitian ini, parameter mekanik tanah diwakili oleh nilai kuat kokoh tanah. Nilai kuat kokoh tanah tersebut didapatkan dari hasil pengujian *unconfined compression*.

Pengujian karakteristik fisik dan mekanik dilakukan pada dua kondisi kadar air tanah. Kondisi pertama adalah kondisi awal dari contoh tanah *undisturbed* yang diambil dari lapangan. Kondisi kedua adalah kondisi dimana contoh tanah mengalami proses pengeringan dengan kadar air sekitar 10 %, 20 %, 30 %, 40 % dan 50 % dari kadar air awal. Proses pengeringan ini tidak dilakukan dengan oven, tetapi dengan meletakkan contoh tanah di udara bebas untuk menghindari terjadinya kerusakan pada susunan partikel contoh tanah tersebut, hingga mencapai kadar air yang dikehendaki. Variasi kadar air yang dilakukan di laboratorium digunakan untuk melakukan simulasi keadaan tanah di lapangan pada kedalaman zona aktif. Penentuan variabel kadar air disesuaikan dengan variasi kadar air sebenarnya yang terjadi di lapangan pada sepanjang tahun. Interval variasi kadar air yang terjadi pada sepanjang tahun didapatkan dari data sekunder yang berupa hasil pengujian tanah di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Kristen Petra.

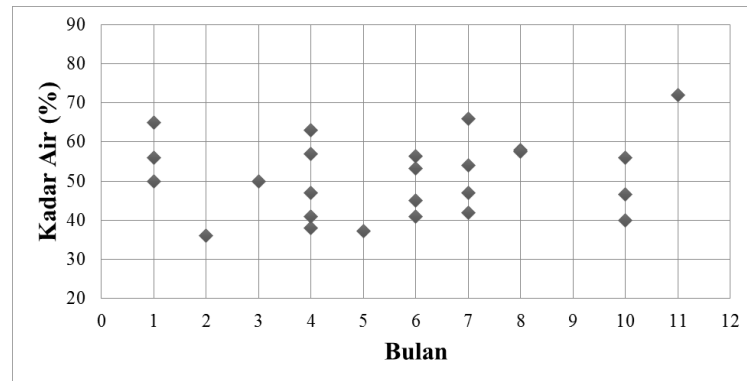
#### 4. HASIL DAN ANALISIS

Pengujian karakteristik fisik tanah dilakukan pada semua contoh tanah yang diambil dari lima lokasi yang berbeda di Surabaya. Hasil pengujian karakteristik fisik tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik contoh tanah pada kondisi awal

No	Lokasi	Kadar Air (%)	Specific Gravity	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Indeks Plastisitas
1	Makarya	72,46	2,61	103,44	22,56	80,88
2	Siwalankerto Selatan	61,09	2,63	104,15	43,10	61,06
3	Kertomenanggal	92,28	2,64	99,04	41,23	57,81
4	Krian	74,17	2,66	93,51	40,81	52,71
5	Keputih	111,85	2,58	117,32	28,37	88,95

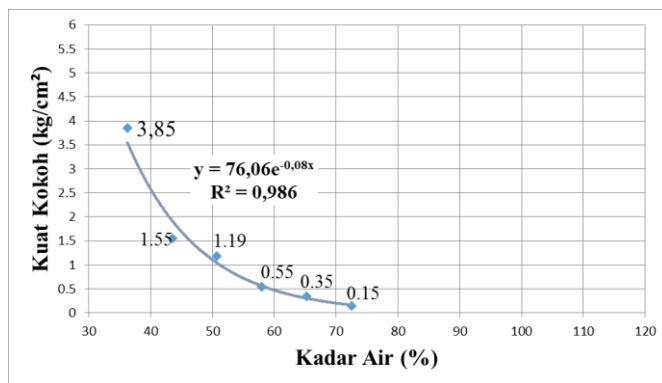
Sebagai dasar untuk menentukan besar variasi kadar air yang terjadi, dilakukan pengumpulan data sekunder dari Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Kristen Petra. Data sekunder berupa data kadar air tanah di beberapa lokasi di Surabaya Timur dan Selatan pada sepanjang tahun. Data kadar air yang digunakan pada penelitian ini ditentukan pada kedalaman sekitar 1 sampai 2 meter dari permukaan tanah. Variasi kadar air yang didapatkan pada sepanjang tahun ditunjukkan pada Gambar 2, dimana nilai kadar air berkisar antara 36% sampai dengan 72 %.



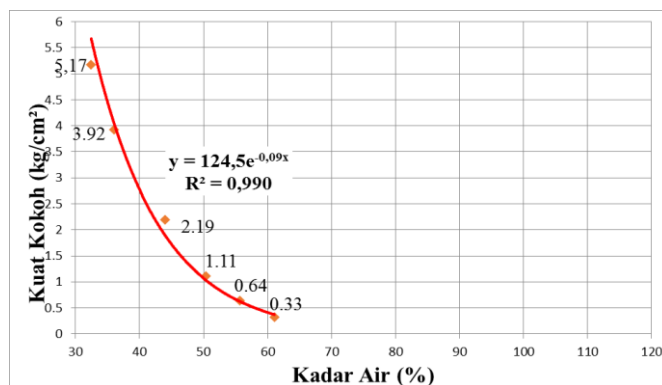
Gambar 2. Variasi kadar air pada beberapa lokasi di Surabaya Timur dan Selatan di sepanjang tahun

Berdasarkan variasi kadar air yang terjadi di lapangan, dilakukan variasi kadar air pada contoh tanah yang diambil. Variasi kadar air yang dilakukan berupa pengurangan kadar air tanah sebesar 10 %, 20 %, 30 %, 40 % dan 50 % dari kadar air awal. Variasi kadar air terhadap kuat kokoh tanah pada lima lokasi dapat dilihat pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 7. Hasil variasi kadar air yang dilakukan, menunjukkan adanya perubahan kuat kokoh tanah. Hasil yang terlihat menunjukkan bahwa semakin rendah kadar air dan saat kadar air tanah mendekati batas plastis, terjadi peningkatan kuat kokoh tanah yang signifikan secara eksponensial. Hal ini disebabkan karena tanah mengalami perubahan dari fase plastis menjadi fase semi padat.

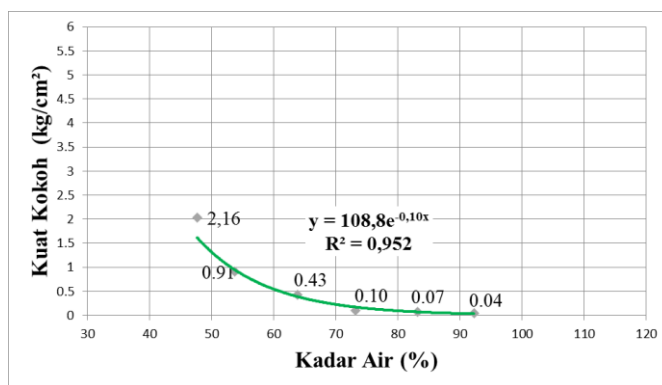
Dari variasi kadar air yang dilakukan pada contoh tanah dari lima lokasi yang berbeda di Surabaya, diperoleh persamaan-persamaan yang menunjukkan hubungan antara perubahan kadar air dengan kuat kokoh tanah. Persamaan – persamaan ini dinyatakan dalam grafik dengan nilai  $R^2$  lebih besar dari 0.95 (Gambar 3 – Gambar 7).



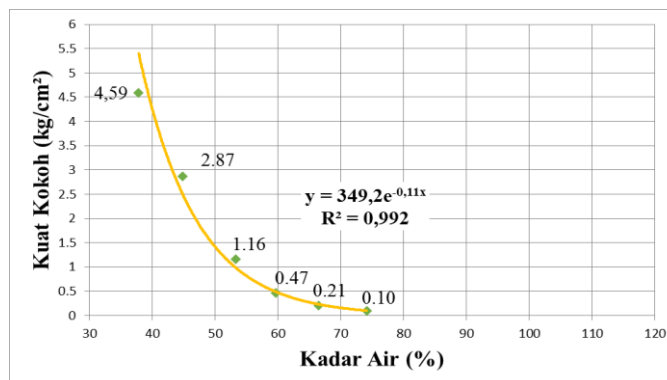
Gambar 3. Perubahan kuat kokoh akibat variasi kadar air pada lokasi 1



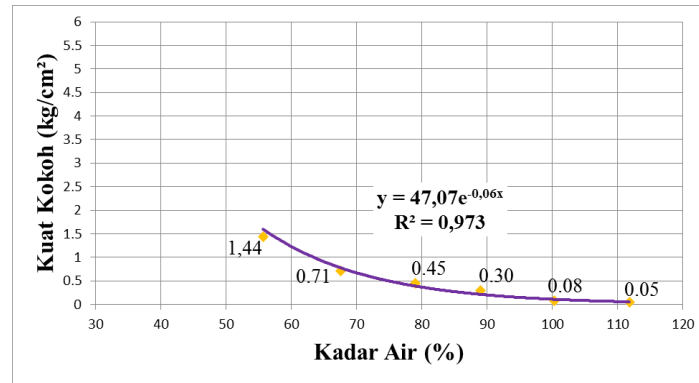
Gambar 4. Perubahan kuat kokoh akibat variasi kadar air pada lokasi 2



Gambar 5. Perubahan kuat kokoh akibat variasi kadar air pada lokasi 3



Gambar 6. Perubahan kuat kokoh akibat variasi kadar air pada lokasi 4



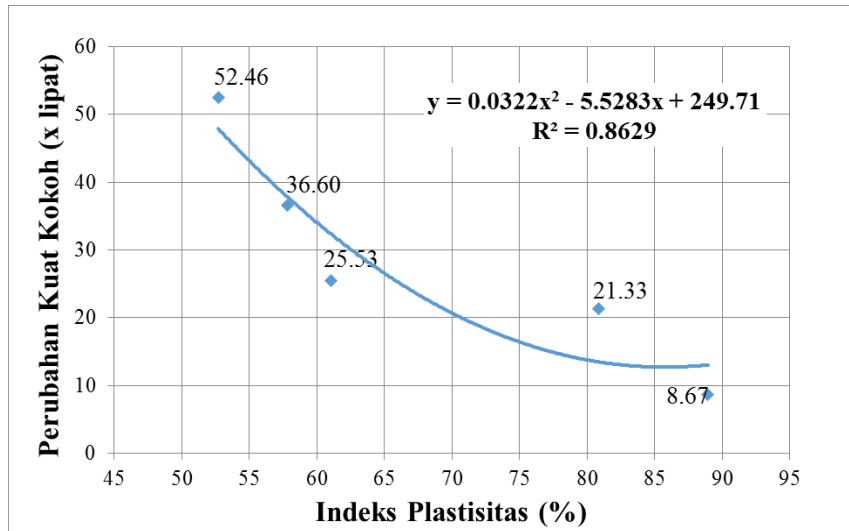
Gambar 7. Perubahan kuat kokoh akibat variasi kadar air pada lokasi 5

Persamaan – persamaan tersebut dapat digunakan untuk melakukan prediksi kuat kokoh tanah pada nilai kadar air tertentu. Berdasarkan rentang variasi kadar air yang didapatkan pada sepanjang tahun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, dimana nilai kadar air berkisar antara 36% sampai dengan 72 %, kuat kokoh tanah di setiap lokasi pada saat kadar air 36 % dan 72 % dapat diprediksi seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perubahan kuat kokoh berdasarkan range perubahan kadar air pada data sekunder

Lokasi	Indeks Plastisitas	Kadar Air Awal (%)	Kuat Kokoh Awal (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Kokoh saat Kadar Air 72 % (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Kokoh saat Kadar Air 36 % (kg/cm <sup>2</sup> )	Perubahan Nilai Kuat Kokoh ( x lipat )
MAKARYA	81	72.46	0.15	0.17	3.57	21.33
SIWALANKERTO SELATAN	61	61.09	0.33	0.19	4.88	25.53
KERTOMENANGGAL	58	92.28	0.04	0.08	2.97	36.60
KRIAN	53	74.17	0.10	0.13	6.66	52.46
KEPUTIH	89	111.85	0.05	0.63	5.43	8.67

Pada lima lokasi pengambilan contoh tanah, masing-masing lokasi memiliki nilai indeks plastisitas yang berbeda-beda. Nilai indeks plastisitas ini dapat mempengaruhi besarnya perubahan kuat kokoh tanah yang terjadi. Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa seiring dengan penurunan nilai indeks plastisitas, maka kemungkinan terjadinya perubahan kuat kokoh tanah akan semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin kecil nilai indeks plastisitas, maka ketika terjadi perubahan kadar air, kondisi tanah dimungkinkan untuk segera berubah dari kondisi plastis ke kondisi semi padat dan sebaliknya. Tanah dengan indeks plastisitas kecil menunjukkan rentang yang pendek antara batas cair dan batas plastis sehingga dapat terjadi perubahan kuat kokoh tanah yang besar saat terjadi perubahan kadar air di dalam tanah.



Gambar 8. Hubungan antara Indeks Plastisitas dan Perubahan Kuat Kokoh Tanah

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dijelaskan pada bagian di atas, penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan. Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada saat kadar air tanah mendekati batas plastis, terjadi peningkatan kuat kokoh tanah yang signifikan. Dari penelitian ini didapatkan hubungan antara kuat kokoh dan kadar air yang dinyatakan berupa persamaan - persamaan dengan nilai  $R^2$  lebih besar dari 0.95.
2. Pada rentang perubahan kadar air yang sama yaitu sebesar 36%, tanah lempung dengan nilai indeks plastisitas mendekati 90 mengalami perubahan kuat kokoh tanah delapan kali lipat. Sedangkan tanah lempung dengan nilai indeks plastisitas berkisar sebesar 50, perubahan kuat kokoh tanah yang terjadi mencapai 50 kali lipat. Hubungan antara indeks plastisitas (PI) dan perubahan kuat kokoh tanah ( $\Delta q_u$ ) pada penelitian ini dapat dinyatakan dalam persamaan  $\Delta q_u = 0.0322PI^2 - 5.528PI + 249.71$  dengan nilai  $R^2 = 0.86$ .

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Michael Henry Goenawan dan Joedy Harto Pinasto yang telah membantu dan mendukung proses pengumpulan data pada penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles J.E. (1984). *Physical and Geotechnical Properties of Soil*. McGraw-Hill, Inc.
- Das B.M. (1999). *Principles of Geotechnical Engineering*. California : PWS Publishing.
- Indarto. (2008). "Drying and Wetting Cyclus against Foundation Failure", *Proceedings of HATTI Seminar, Bandung*.
- Shayea N.A. (2001). "The Combined Effect of Clay and Moisture Content on the Behavior of Remolded unsaturated Soils". *Engineering Geology*, 62, 319-342.
- Tjandra, D., Indarto, Soemitro, R. A. A. (2015). "Effect of Drying-Wetting Process on Friction Capacity and Adhesion Factor of Pile Foundation in Clayey Soil". *Jurnal Teknologi*, 77(11), 145-150.
- Tjandra, D., Indarto, Soemitro, R. A. A. (2015). "Behavior of Expansive Soil under Water Content Variation and Its Impact to Adhesion Factor on Friction Capacity of Pile Foundation". *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(18), 38913-38917.
- Tjandra, D., Indarto, Soemitro, R. A. A. (2013). "The Effect of Water Content Variation on Adhesion Factor of Pile Foundation in Expansive Soil". *Civil Engineering Dimension Journal*, 13(2), 114-119.
- Tjandra, D., Indarto, Soemitro, R. A. A. (2014). "The Influence of Water Content Variations on Friction Capacity of Piles in Expansive Soil". *International Journal of ICT-aided Architecture and Civil Engineering*, 1(1), 31-40.
- Yalcin A. (2011). "A Geotechnical Study on the Landslides in the Trabzon Province, NE, Turkey". *Applied Clay Science*, 52, 11-19.