

POTENSI *SWELLING* TANAH LAPUKAN FORMASI HALANG DI DAERAH LUMBIR, KABUPATEN BANYUMAS, JAWA TENGAH

Muhamad Rizaldi Nuraulia^{1*}, Dicky Muslim¹, Zufialdi Zakaria¹

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: muhammadrizaldi97@gmail.com

ABSTRAK

Masalah yang sering terjadi pada ruas jalan adalah kerusakan akibat adanya tanah yang bersifat ekspansif. Tanah lapukkan Formasi Halang tersebar luas di Daerah Lumbir, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah. Tanah tersebut memiliki potensi mengembang apabila terdapat beberapa mineral lempung tertentu. Beberapa metode dilakukan untuk mengetahui potensi mengembang pada tanah melalui metode batas-batas konsistensi tanah serta uji pengembangan bebas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jika kadar air bertambah maka batas cair, batas plastis, indeks plastisitas, dan rasio pengembangan bebas akan bertambah sehingga potensi mengembang akan semakin besar, begitupun dengan bertambahnya kadar lempung dalam tanah. Dari kedua metode yang dilakukan, metode rasio pengembangan bebas paling mudah dilakukan dan memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode batas-batas konsistensi tanah. Potensi tanah mengembang di daerah penelitian memiliki derajat rendah dengan nilai rasio pengembangan bebas 1.110-1.333 dengan kandungan mineral lempung yang dominan adalah campuran kaolinitik dan montmorillonitik.

ABSTRACT

The problem that often occurs on the road is the damage caused by expansive soil. Residual soil of Halang Formation is widespread in Lumbir area, Banyumas regency, Central Java. The soil has the potential to expand if there are certain clay minerals. Several methods were carried out to determine the swelling potential of the soil through Atterberg limits and free swelling test. The results show if moisture content increases then the liquid limit, plastic limit, plasticity index, and free swelling ratio increase so that the swelling potential would be greater, as well as with the increase percentage of clays in the soil. Of the two methods performed, the free swelling ratio method is easiest to perform and has better results than the Atterberg limits methods. The potential of the soil in the study area has a low degree with the value of free swell ratio 1.110-1.333 with the dominant clay mineral are mixture of kaolinitic and montmorillonitic.

Keywords: *swelling potential; plasticity index, free swell ratio, clay content*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah yang memiliki iklim tropis. Letak geografisnya yang dilalui oleh garis khatulistiwa, menyebabkan sebagian wilayah di Indonesia ditutupi oleh sisa tanah dari hasil pelapukan batuan, baik itu pelapukan secara biologis, kimiawi, dan mekanis, yang berlangsung secara intensif.

Dalam pembangunan infrastruktur, kondisi tanah serta batuan perlu diperhatikan, termasuk potensi

mengembang tanah. Salah satu dari mineral lempung memiliki sifat mengembang dan menyusut yang dapat menimbulkan masalah terhadap daya dukung tanah serta kestabilan lereng dan berdampak terhadap kerusakan infrastruktur yang akan dibangunnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah lempung ekspansif, merupakan salah satu jenis tanah berbutir halus ukuran koloidal, yang terbentuk dari

mineral-mineral ekspansif. Disamping mempunyai sifat-sifat umum, juga mempunyai sifat-sifat yang khas, yakni kandungan mineral ekspansif mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi, mengakibatkan tanah lempung ekspansif mempunyai potensi kembang susut, apabila terjadi peningkatan atau penurunan kadar air. Apabila terjadi peningkatan kadar air, tanah ekspansif akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan dan apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan. Penyusutan yang terjadi, apabila penurunan kadar air melebihi batas susutnya (Chen, 1975).

Indeks plastisitas (PI) suatu tanah bertambah menurut garis lurus sesuai dengan bertambahnya persentase dari fraksi lempung ($< 2\mu m$) yang dikandung oleh tanah. Hubungan antara PI dengan fraksi lempung untuk tiap tanah berbeda-beda, keadaan ini disebabkan oleh perbedaan tipe mineral lempung pada tanahnya juga berbeda (Skempton, 1953). Secara umum, persamaan yang menyatakan hubungan antara PI dan fraksi lempung dapat dituliskan sebagai:

$$A = \frac{PI}{\% \text{ fraksi lempung}}$$

di mana

A = Angka aktivitas

PI = Indeks plastisitas

Nilai angka aktivitas mengklasifikasikan potensi mengembang menjadi sangat tinggi, tinggi, sedang, dan rendah (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Hubungan angka aktivitas dengan kandungan mineral (Skempton, 1953)

Angka Aktivitas	Klasifikasi
<0.75	<i>Inactive clays (Kaolinite)</i>
0.75-1.25	<i>Normal clays (Illite)</i>
1.5	<i>Active clays (Ca-montmorillonite)</i>
7.2	<i>Active clays (Na-montmorillonite)</i>

Potensi mengembang tanah ekspansif sangat erat hubungannya dengan indeks plastisitas karena keduanya sangat tergantung banyaknya air yang bisa diserap oleh partikel lempung (Chen, 1975). Potensi pengembangan tanah lempung dapat diklasifikasikan seperti di bawah ini (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Klasifikasi potensi pengembangan berdasarkan nilai indeks plastisitas (Chen, 1975)

Potensi Mengembang	Indeks Plastisitas (%)
Rendah	0-15
Sedang	10-35
Tinggi	20-55
Sangat Tinggi	> 35

Uji pengembangan bebas adalah uji yang terdiri dari 10 gram tanah kering yang lolos saringan nomor 200 ($425 \mu m$) di dalam tabung ukur 100 ml yang diisi dengan air distilasi dan ditabung yang lainnya diisi dengan kerosen (*carbon tetra chloride*), di mana pengembangan bebas dihitung dari pertambahan volume (Prakash & Sridharan, 2004).

Rasio pengembangan bebas (FSR) didefinisikan sebagai perbandingan volume sedimen ekuilibrium tanah kering yang lolos saringan nomor 200 ($425 \mu m$) di dalam air distilasi (V_d) dengan yang berada di dalam kerosen atau *carbon tetra chloride* (V_k), seperti pada persamaan dibawah ini:

$$FSR = \frac{V_d}{V_k}$$

Dari nilai rasio pengembangan bebas (FSR) dapat diklasifikasikan potensi mengembang tanah, sifat serta jenis mineral lempung yang mendominasi (Tabel 2.3) (Prakash & Sridharan, 2004).

3. METODE

Penelitian dimulai dengan menyusun langkah-langkah kerja yang akan dilakukan. Selanjutnya dilakukan pemetaan geologi dan geologi teknik, pemetaan dilakukan untuk mengetahui batuan yang menyusun

daerah penelitian serta tanah hasil lapukannya. Lalu dilakukan pengambilan sampel tanah tak terganggu dengan metode *test pits* dengan cara menekan tabung ke dalam tanah. Setelah itu sampel tanah yang sudah diambil ditutup dengan lilin dan dibungkus secara rapat agar kadar air dan kondisi tanah tidak berubah dan mendekati kondisi di lapangan.

Tabel 2.3 Klasifikasi tanah berdasarkan rasio pengembangan bebas (Prakash & Sridharan, 2004)

FSR	Sifat Mengembang Tanah	Tipe Tanah Lempung	Tipe Mineral Lempung Dominan
≤ 1.0	Diabaikan	<i>Non-swelling</i>	Kaolinitik
1.0-1.5	Rendah	Campuran <i>swelling</i> dan <i>non-swelling</i>	Kaolinitik dan Montmorillonit
1.5-2.0	Sedang	<i>Swelling</i>	Montmorillonit
2.0-4.0	Tinggi	<i>Swelling</i>	Montmorillonit
> 4.0	Sangat Tinggi	<i>Swelling</i>	Montmorillonit

Tahapan selanjutnya adalah pengujian di laboratorium yang meliputi sifat fisik tanah, batas-batas *Atterberg* serta uji pengembangan bebas. Lalu hasil uji kedua metode tersebut dibandingkan mana yang paling mudah dan baik hasilnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil deskripsi tanah di lapangan dan hasil uji laboratorium terkait sifat fisik tanah, daerah penelitian terdiri dari satuan tanah menurut klasifikasi USCS, yaitu: tanah lanau plastisitas tinggi (MH) berbutir halus dengan plastisitas tinggi, dengan sifat kohesif, dan memiliki warna coklat kemerahan (Gambar 1).

Berdasarkan uji laboratorium, tanah ini memiliki sifat fisik tanah di antaranya: nilai kadar air (w) sebesar 26.04-49.46 %, berat spesifik (G_s) sebesar 2.5724-2.436, berat isi basah (γ) sebesar 1.682-1.748, berat isi kering (γ_d) sebesar 1.125-1.379, angka pori (e) sebesar 0.868-1.349,

porositas (n) sebesar 46.48-57.43 %, batas cair (LL) sebesar 50.02-69.89 %, batas plastis (PL) sebesar 31.46-44.24 %, dan indeks plastisitas (PI) sebesar 15.1-30.07 %. Sedangkan untuk sebaran butirnya, satuan ini memiliki presentase *gravel* 0-0.83 %, *sand* sebesar 2.16-7.1 %, *silt* sebesar 59.515-83.01 %, dan *clay* sebesar 13.67-37.065 %.

Metode batas-batas *Atterberg* merupakan salah satu metode pengujian potensi mengembang secara tidak langsung, namun hanya menguji nilai dari batas-batas *Atterberg* untuk kemudian dicocokkan dengan klasifikasi potensi mengembang oleh Chen (1975) dan untuk kandungan mineral lempung yang dominan oleh Skempton (1953). Nilai yang menjadi acuan dalam klasifikasi ini adalah nilai indeks plastisitas tanah, yang mana semakin besar nilai indeks plastisitasnya maka semakin besar pula potensi mengembang tanahnya.

Tabel 4.1 Klasifikasi potensi mengembang berdasarkan metode batas-batas *Atterberg*

Kode Sampel	Indeks Plastisitas (%)	Potensi Mengembang ^{*1)}	Angka Aktivitas	Dominansi Mineral Lempung ^{*2)}
TP-1	25.4	Tinggi	1.858	Montmorillonit
TP-2	21.98	Sedang	1.112	Illit
TP-3	15.1	Rendah	0.505	Kaolinitik
TP-4	28.92	Sedang	0.78	Illit
TP-5	30.07	Sedang	0.994	Illit
TP-6	24.51	Sedang	1.279	Illit
TP-7	18.56	Sedang	0.798	Illit

Keterangan:

- 1) Berdasarkan klasifikasi oleh Chen (1975)
- 2) Berdasarkan klasifikasi oleh Skempton (1953)

Sehingga dengan metode batas-batas *Atterberg* dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian didominasi oleh jenis tanah yang memiliki derajat pengembangan rendah-tinggi dengan dominansi kandungan mineral lempung kaolinitik, illit, dan montmorillonit.

Berdasarkan hasil uji rasio pengembangan bebas yang telah dilakukan, diperoleh nilai rasio mengembang tanah serta klasifikasi derajat mengembang dan mineral lempung yang mendominasi (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Nilai rasio pengembangan bebas, derajat pengembangan, dan dominasi mineral lempungnya

Kode Sampel	Free Swell Ratio	Derajat Pengembangan	Mineral Lempung Dominan
TP-1	1.189	Rendah	Kaolinitik dan Montmorillonitik
TP-2	1.333	Rendah	Kaolinitik dan Montmorillonitik
TP-3	1.110	Rendah	Kaolinitik dan Montmorillonitik
TP-4	1.307	Rendah	Kaolinitik dan Montmorillonitik
TP-5	1.323	Rendah	Kaolinitik dan Montmorillonitik
TP-6	1.313	Rendah	Kaolinitik dan Montmorillonitik
TP-7	1.196	Rendah	Kaolinitik dan Montmorillonitik

Rasio mengembang tanah merupakan kondisi yang menunjukkan derajat mengembang tanah di daerah penelitian. Berbeda dengan metode batas-batas *Atterberg* sebelumnya, metode ini secara langsung melakukan pengamatan terhadap tingkat mengembang tanah dengan melakukan perendaman sampel tanah. Berdasarkan data pada Tabel 4.2, dapat terlihat bahwa derajat *swelling* di daerah penelitian bervariasi dari 1.110-1.333, dimana nilai tersebut diklasifikasikan ke dalam kategori rendah (Prakash & Sridharan, 2004). Derajat mengembang tanah pada tiap sampel yang diuji memiliki nilai yang bervariasi, walaupun semua sampel merupakan jenis tanah yang sama yaitu tanah lanau plastisitas tinggi (MH). Derajat mengembang tanah pada tiap-tiap sampel di daerah penelitian memiliki variasi dikarenakan jenis serta persentase mineral lempung yang berbeda dan juga tidak dapat diketahui secara pasti mineral lempung yang terkandung dalam sampel tanah.

Plastisitas suatu material tanah lempung disebabkan karena tanah

mengandung muatan elektromagnetik pada permukaan mineral lempungnya. Molekul air adalah ikatan kovalen polar karena memiliki perbedaan keelektronegatifan yang besar dan berorientasi diri sebagai magnet-magnet sangat kecil di dalam medan magnet dekat ke permukaan mineral lempung. Semakin banyak kandungan mineral lempung yang memiliki nilai luas permukaan spesifik dan kapasitas pertukaran kation yang besar seperti *montmorillonite*, maka semakin banyak molekul air yang terikat oleh muatan elektromagnetik dengan permukaan mineral lempung.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis komposisi besar butir serta analisis hidrometer dan batas-batas *Atterberg* yang diklasifikasi menurut USCS, tanah di daerah penelitian memiliki Satuan Tanah Lanau Plastisitas Tinggi (MH). Daerah penelitian didominasi dengan tanah dengan sifat plastisitas tinggi dikarenakan tanah pada daerah penelitian merupakan hasil lapukan Formasi Halang yang memiliki ciri perselingan batulempung dan batupasir. Plastisitas yang tinggi disebabkan oleh hadirnya mineral lempung yang sudah terdapat pada batulempung dan akan semakin melimpah apabila sudah terlapukkan menjadi tanah.

Dari hasil uji metode batas-batas *Atterberg* dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian didominasi oleh jenis tanah yang memiliki derajat pengembangan sedang-tinggi dengan dominasi kandungan mineral lempung kaolinitik, illitik, dan montmorillonitik.

Hasil uji rasio pengembangan bebas yang telah dilakukan, didapatkan nilai rasio mengembang terbesar adalah 1.333 sedangkan yang terkecil adalah 1.110. Dan berdasarkan klasifikasi Prakash & Sridharan (2004) daerah penelitian termasuk ke dalam kategori derajat mengembang rendah. Oleh karena itu, dapat diinterpretasikan bahwa daerah penelitian didominasi mineral lempung dengan tingkat mengembang rendah, seperti *kaolinite* dan *illite*.

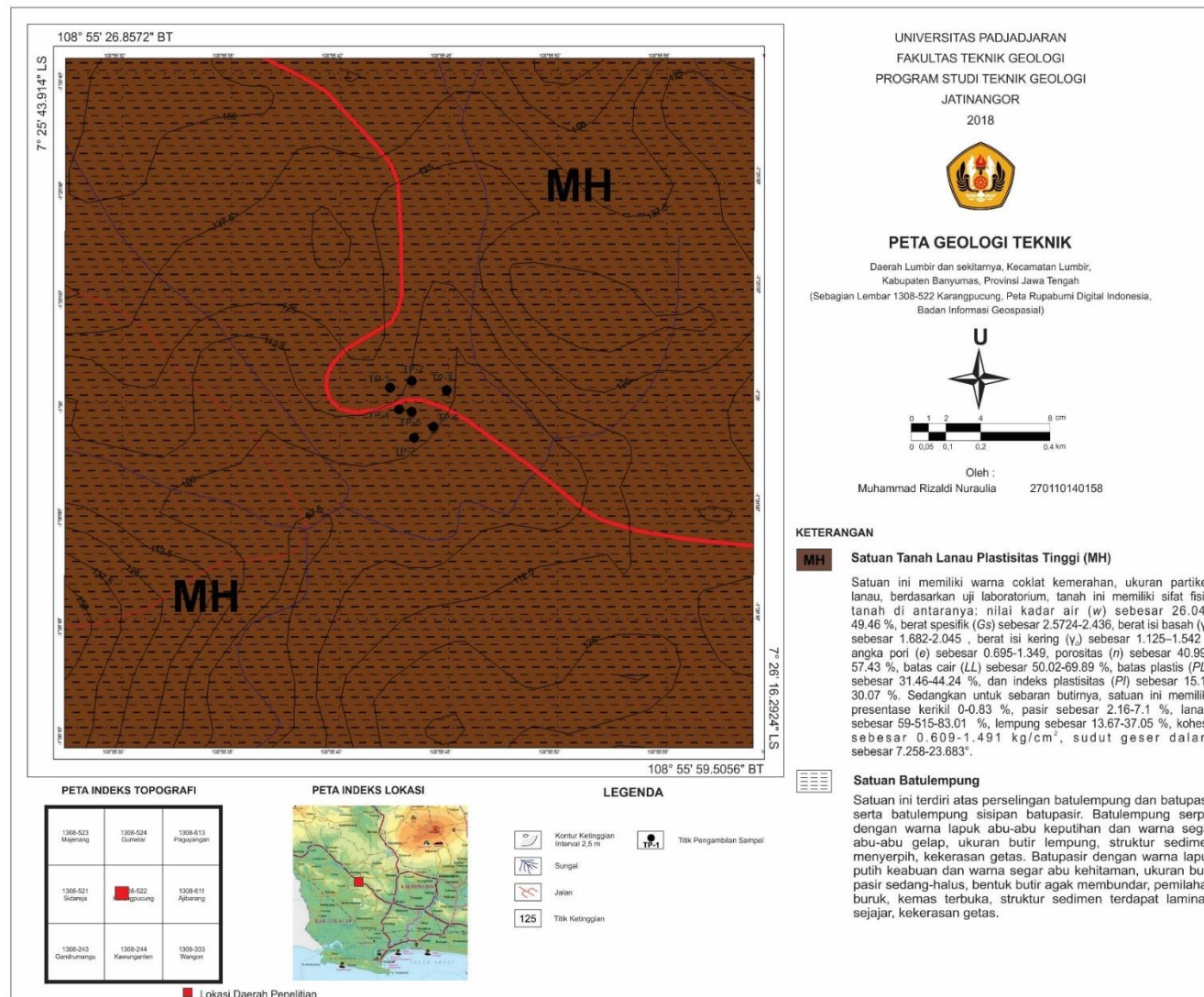
Adanya perbedaan karakteristik tingkat potensi mengembang antara kedua metode tersebut dikarenakan prinsip yang dilakukan saat uji laboratorium sangatlah berbeda, di mana metode uji rasio pengembangan bebas melakukan uji pengembangan secara langsung, sedangkan metode batas-batas *Atterberg* tidak melakukan uji pengembangan secara langsung namun hanya melakukan uji batas-batas *Atterberg* mana memiliki tingkat kesalahan oleh manusia yang cukup tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan terselesaikannya artikel ilmiah ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Bapak Andi Sata Makarate, ST., MT. dan juga Puslitbang Jalan dan Jembatan, Kementrian PUPR yang telah mengizinkan pengambilan data di daerah penelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, F.H. 1975. *Foundation of Expansive Soils*. Amsterdam: Elsevier.
- Prakash, K. & Sridharan, A. 2004. Free Swell Ratio and Clay Mineralogy of Fine-Grained Soils. *Geotechnical Testing Journal*, 27(2): 220–225.
- Skempton, A.W. 1953. The Colloidal ‘Activity’ of Clays. *Proceedings of the 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundational Engineering*, 1: 57–61.



Gambar 1. Peta Geologi Teknik daerah Lumbir dan sekitarnya