

## IDENTIFIKASI FAKTOR GEOTEKNIK PENYEBAB AMBLESAN DI KOTA SEMARANG

<sup>1</sup>Dwi Sarah, <sup>1</sup>Eko Soebowo, <sup>1</sup>Rachmat Fajar Lubis, <sup>2</sup>Dodid Murdohardono, dan <sup>3</sup>Asep Mulyono

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi–LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135  
E-mail: sarahpr28@gmail.com

<sup>2</sup>Pusat Sumber Daya Air Tanah dan Geologi Lingkungan, Badan Geologi

<sup>3</sup>UPT. Loka Uji Teknik Penambangan dan Mitigasi Bencana Liwa-LIPI

### Abstrak

Kota Semarang di bagian utara hingga timur laut diketahui telah mengalami proses penurunan tanah di beberapa lokasi sejak tahun 1980an hingga sekarang. Permasalahan amblesan tanah telah menimbulkan kerugian yang cukup besar akibat kerusakan pemukiman, infrastruktur dan masalah lingkungan seperti banjir (rob). Faktor endapan alluvial berumur kuartar yang belum terkonsolidasi sempurna ditengarai sebagai salah satu faktor penting penyebab amblesan tanah di Kota Semarang. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakter OCR lempung pada lokasi-lokasi uji lapangan di Kota Semarang berdasarkan kondisi geologi teknik bawah permukaannya. Investigasi lapangan dan penyusunan model geologi teknik dilakukan untuk mengetahui karakter geologi teknik endapan alluvial di Kota Semarang. Hasil kajian menunjukkan keterdapatan lapisan lempung tebal dengan konsistensi lunak pada bagian atas endapan dataran Semarang dengan ketebalan berkisar 10 - 42 m semakin menebal ke arah utara. Lapisan lempung ini memiliki karakteristik belum terkonsolidasi hingga terkonsolidasi normal (nilai Overconsolidation Ratio, OCR  $\leq 1$ ), dengan kompresibilitas lempung cukup tinggi dengan nilai koefisien kompresibilitas,  $c_v$   $2.9 \times 10^{-4}$  hingga  $2.21 \times 10^{-3}$  cm/s. Mineralogi lapisan lempung ini tersusun oleh montmorilonit, illite dan kaolinit/klorit. Delineasi lapisan lempung berdasarkan nilai OCR dapat mencerminkan lokasi-lokasi yang mengalami penurunan tanah di Kota Semarang.

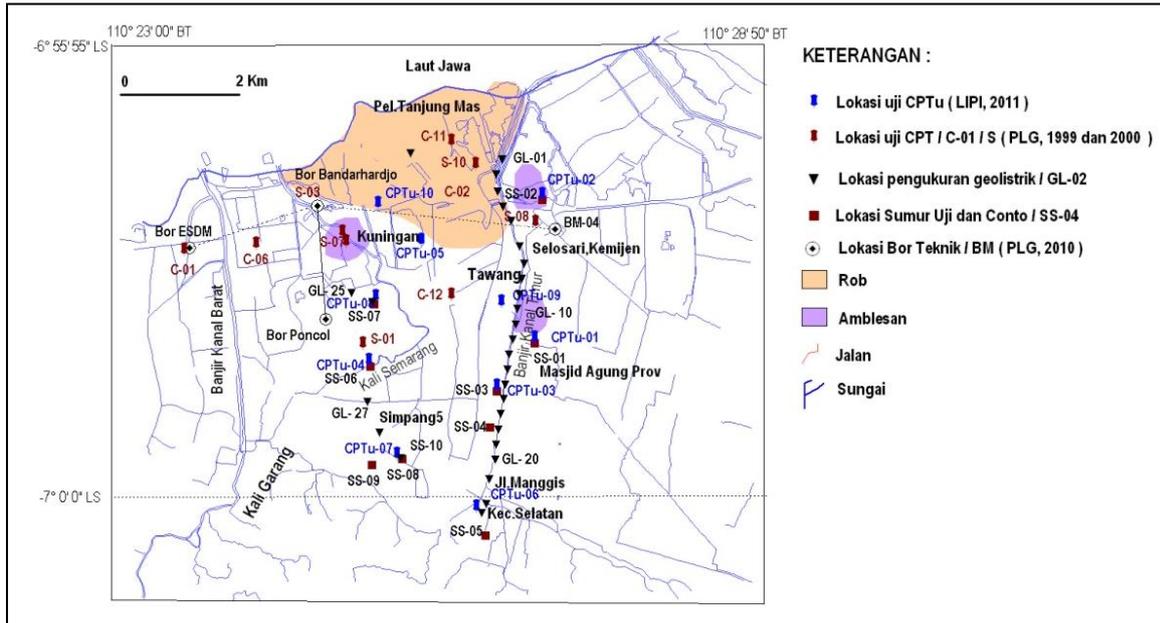
**Kata Kunci:** amblesan tanah, model geologi teknik, lempung, dataran aluvial, Kota Semarang

### PENDAHULUAN

Masalah amblesan tanah di Kota Semarang telah menimbulkan kerugian yang tidak sedikit akibat kerusakan pemukiman, infrastruktur dan masalah lingkungan seperti banjir dan rob. Kondisi geologi dataran alluvial Kota Semarang berumur Holosen (Thaden dkk, 1975) dan penurunan muka air tanah akibat pemanfaatan airtanah berlebihan, pembebanan akibat pembangunan di Kota Semarang (beban timbunan dan bangunan), faktor tektonik diduga berkontribusi terhadap proses amblesan tanah di Kota Semarang. Mengingat perkembangan kota yang semakin pesat, maka upaya untuk dapat memberikan solusi pengurangan dampak bencana amblesan tanah memerlukan pengetahuan mengenai faktor penyebab amblesan tanah secara kuantitatif khususnya mengenai konsolidasi alamiah endapan lempung. Tulisan menyajikan identifikasi zona amblesan tanah di Kota Semarang berdasarkan kondisi geologi teknik bawah permukaannya.

### METODOLOGI

Untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam studi ini telah dilakukan investigasi geologi teknik meliputi pemetaan lokasi amblesan, pengujian CPTu (*Cone penetration test with pore water measurement*), pengukuran geolistrik, pengukuran muka airtanah, pengambilan sampel tanah tak terganggu (Gambar 1) dan pengujian laboratorium untuk penentuan sifat fisik dan keteknikan tanah seperti atterberg limit, besar butir, kandungan air, konsolidasi. Analisis geologi dilakukan untuk menyusun stratifikasi bawah permukaan dari data bawah permukaan antara lain data geolistrik dan CPTu. Interpretasi stratifikasi bawah permukaan dari data CPTu dilakukan menggunakan klasifikasi Robertson (1990), mengingat dapat menggambarkan secara detail tentang stratifikasi lapisan tanahnya.

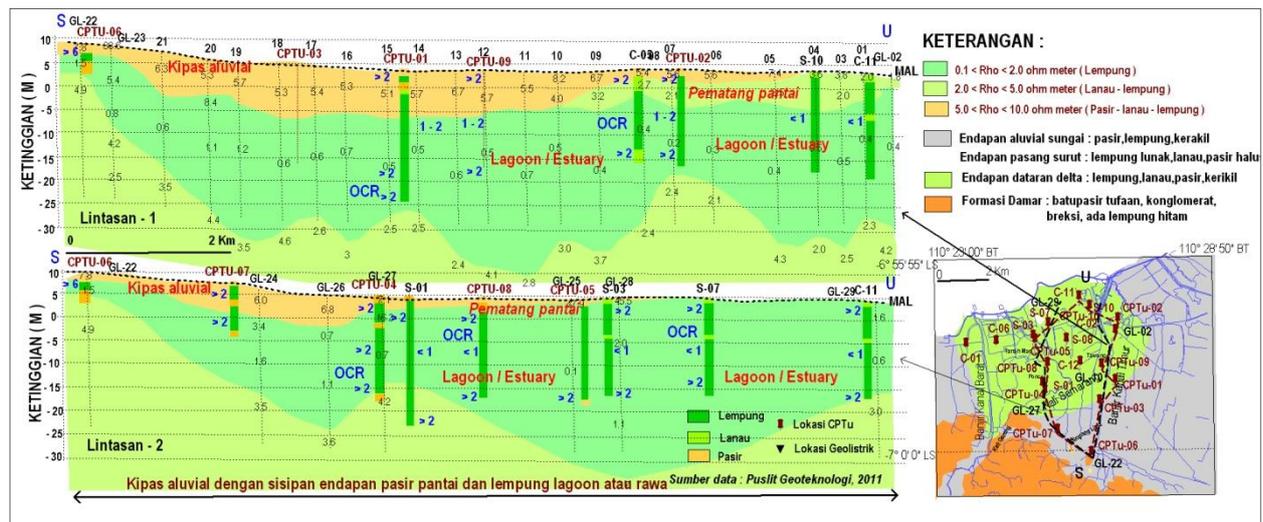


Gambar 1. Peta Lokasi investigasi lapangan

**HASIL DAN DISKUSI**

**Geologi bawah permukaan berdasarkan interpretasi geolistrik dan CPTu**

Interpretasi pengukuran geolistrik menunjukkan bahwa stratifikasi pada lintasan 1 dan 2 tersusun oleh: campuran pasir-lanau-lempung (tahanan jenis, 5- 10 ohm meter ), campuran lanau lempung (tahanan jenis, 2 - 5 ohm meter), lempung (tahanan jenis, 0.1- 2 ohm meter, Loke, M.H., 2001) (Gambar 2).



Gambar 2. Penampang stratifikasi bawah permukaan berdasarkan interpretasi data geolistrik dan CPT/CPTu pada lintasan 1 dan 2

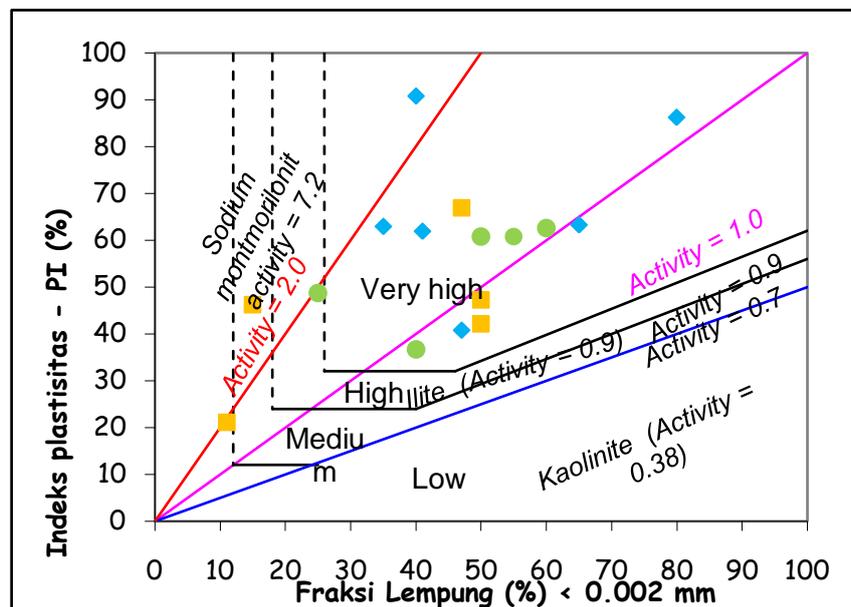
Berdasarkan interpretasi nilai rasio overkonsolidasi (OCR) dari data CPTu (Gambar 2) pada lintasan 1 terlihat bahwa lapisan campuran pasir-lanau-lempung yang terdapat di permukaan memiliki nilai OCR >2. Selanjutnya pada lapisan lempung dan lempung-lanau di Kecamatan Semarang Selatan hingga Masjid Agung

memiliki nilai OCR > 2 (lempung *overconsolidated*) pada kedalaman hingga 30 m. Lempung dengan nilai OCR 1-2 ditemukan di daerah Masjid Agung hingga Selosari Kemijen pada kedalaman -5.0 sampai -15 m. Nilai OCR < 1 ditemukan dari daerah Selosari Kemijen hingga ke utara pada kedalaman +5 hingga -20 m.

Pada lintasan 2 terlihat bahwa endapan lempung dan campuran lanau-lempung mulai dari Kecamatan Semarang selatan hingga Kali Garang (CPTu 04) memiliki nilai OCR > 2 menandakan bahwa tanah lempung telah terkonsolidasi berlebih (*overconsolidated*). Selanjutnya setelah titik CPTu 04 menuju utara (Tanjung Mas) lapisan lempung dengan nilai OCR > 2 terlihat pada permukaan dengan ketebalan mencapai 5 m, selanjutnya diendapkan lempung dengan OCR < 1 dengan ketebalan 15-20 m. Hal ini diduga pada kedalaman tersebut merupakan endapan rawa pada lingkungan delta.

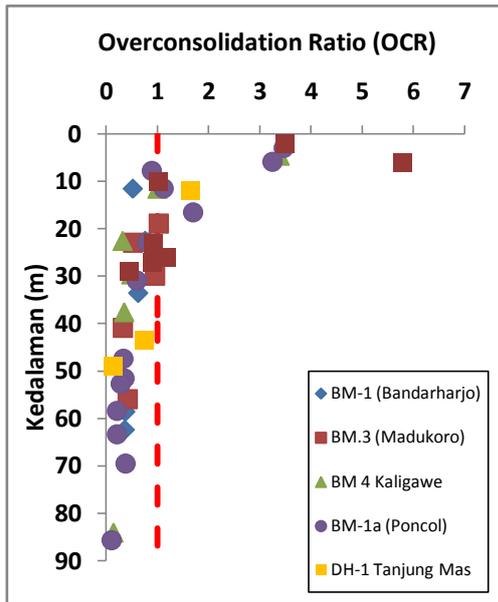
### Sifat fisik dan keteknikan tanah

Pengujian laboratorium berupa pengujian sifat fisik, konsolidasi dan mineralogi telah dilakukan pada sampel tanah tak terganggu dari pemboran teknik (Pusat Sumber Daya Air Tanah dan Geologi Lingkungan, 2010). Hasil pengujian sifat fisik pada kedalaman antara 10 – 85 m, menunjukkan bahwa lapisan tanah bawah permukaan memiliki bobot isi 15-18 kN/m<sup>3</sup> dengan kadar air cukup tinggi 30-90%, porositas 40-90%, derajat kejenuhan 50-100%, ukuran butir berkisar lempung-lanau (rata-rata 32-54%). Tanah lempung-lanau ini memiliki plastisitas tinggi (CH-MH). Diagram aktivitas lempung mengindikasikan bahwa tanah lempung-lanau ini juga memiliki tingkat aktivitas (potensi pengembangan volume/ kembang kerut) sedang hingga sangat tinggi dan mengandung mineral illite dan montmorillonite (Gambar 3). Pengujian mineralogi tanah pada contoh hasil pemboran teknik pada kedalaman 10 – 85 m, menunjukkan bahwa mineralogi lapisan lempung ini tersusun oleh montmorillonit, illite dan kaolinit/klorit. Berdasarkan analisis kelimpahan mineral montmorillonite terhadap illite dan kaolinit menunjukkan potensi pengembangan volume sedang hingga tinggi yang sesuai dengan hasil korelasi indeks plastisitas dan fraksi lempung.

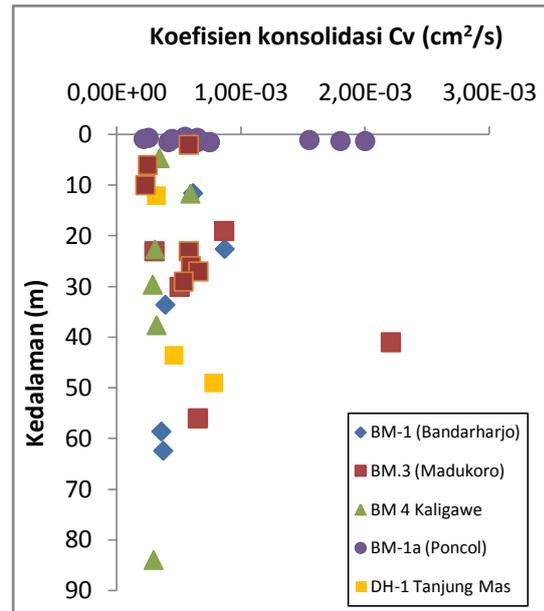


Gambar 3. Diagram aktivitas lempung

Pengujian sifat konsolidasi menunjukkan bahwa contoh-contoh tanah permukaan memiliki nilai tegangan pre konsolidasi tanah bawah permukaan rendah antara 0.33-1.75 kg/cm<sup>2</sup> dengan nilai rasio overkonsolidasi (OCR) ≤ 1 ditemukan pada kedalaman 10 - 85 m (Gambar 4) menunjukkan bahwa tanah-tanah bawah permukaan merupakan tanah-tanah yang masih mengalami konsolidasi (*under consolidated*) hingga terkonsolidasi normal (*normally consolidated*). Koefisien konsolidasi (C<sub>v</sub>) cukup tinggi berkisar 2.9x10<sup>-4</sup> hingga 2.21 x10<sup>-3</sup> cm/s (Gambar 5).



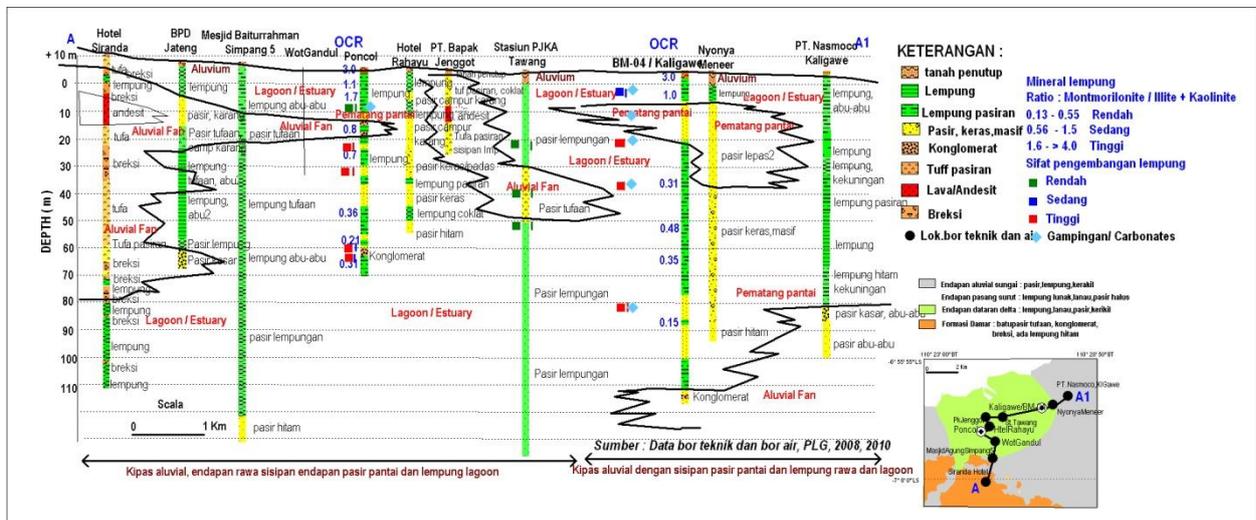
Gambar 4. Grafik rasio overkonsolidasi tanah bawah permukaan terhadap kedalaman



Gambar 5. Grafik koefisien konsolidasi tanah bawah permukaan terhadap kedalaman

Berdasarkan hasil pemetaan lapangan fenomena bencana amblesan tanah ditemukan di dataran Semarang bagian utara, pada lintasan 1 dimulai dari Dibyopuri (Pasar Johar) ke arah Pelabuhan Tanjung Mas dan pada lintasan 2 dimulai dari Masjid Agung Provinsi hingga ujung Banjir Kanal Timur di utara (Gambar 1). Daerah yang kondisi rasio overkonsolidasi tanah lempung yang rendah ( $OCR \leq 1$ ) di jumpai antara kedalaman – 5 hingga – 10 meter (data CPTu) sedangkan data bor teknik pada kedalaman – 20 hingga 90 meter di Poncol/BM-03 dan Kaligawe/BM-04 (Gambar 7). Fenomena penurunan tanah ini semakin meningkat ke arah utara dan timurlaut, sebagaimana tercermin dari peningkatan ketebalan tanah lempung dan penurunan nilai OCR tanah lempung di daerah ini. Pada daerah dengan nilai  $OCR > 2$  tidak dijumpai amblesan tanah, daerah dengan nilai OCR 1-2 ditemukan amblesan tanah dan daerah dengan nilai  $OCR \leq 1$  fenomena amblesan tanah yang terjadi semakin intensif.

Berdasarkan sifat keteknikan tanah dari hasil pengujian lapangan dan laboratorium, tanah-tanah di daerah amblesan tanah didominasi oleh lempung dan lanau yang cukup tebal (10 - 42 m) pada kedalaman dekat permukaan (0 - 85 m) dengan konsistensi lunak-teguh, jenuh air, kompresibilitas tinggi dengan sifat lempung masih berkonsolidasi hingga terkonsolidasi normal.



Gambar 7. Penampang stratifikasi bawah permukaan dan nilai OCR dibawah < 1, berdasarkan data bor teknik.

## KESIMPULAN

Dataran Semarang bagian utara merupakan paparan alluvial berumur holosen yang secara vertikal dicirikan oleh litologi yang tersusun oleh material pasir, lanau, lempung, lumpur, peat/gambut, pasir, gravel, konglomerat dan breksi. Hasil analisis di daerah ini menunjukkan bahwa stratifikasi bawah permukaan, sifat keteknikan, mineralogi mengindikasikan proses gejala penurunan tanah yang masih berlangsung. Identifikasi nilai OCR tanah lempung dapat mengidentifikasi beberapa lokasi yang mengalami penurunan seperti pada CPTu-08, S-03, 07 dan C-11 bagian timur laut.

## PUSTAKA

- Loke, M.H., 2001, *Constrained time lapse resistivity imaging inversion, The Environmental and Engineering Geophysical Society SAGEEP 2001*, Symposium Program, March 2001, Denver : 34.
- Robertson, P.K., (1990). Soil classification using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal*, 27(1): 151-158.
- Thaden, R.E., dkk., (1975). *Peta Geologi Lembar Magelang-Semarang, Jawa*. Direktorat Geologi, Bandung.