

## **PENGARUH LEMPUNG EKSPANSIF TERHADAP POTENSI AMBLESAN TANAH DI DAERAH SEMARANG**

**Anita Yuliyanti, Dwi Sarah, dan Eko Soebowo**

**ABSTRAK:** Kota Semarang mengalami amblesan tanah yang intensif setiap tahunnya. Salah satunya penyebab adalah pengaruh faktor kompaksi/konsolidasi batuan di bawah permukaan yang diduga mempunyai keterkaitan dengan keberadaan lapisan lempung. Karakteristik keteknikan batuan erat kaitannya dengan sifat penyusun batuanannya, diantaranya adalah sifat ekspansifitas yang sangat dipengaruhi oleh kandungan mineral lempung. Jenis mineral lempung montmorilonit mempunyai daya kembang susut terbesar sehingga kehadirannya merupakan faktor utama yang menentukan sifat ekspansif. Tulisan ini membahas mengenai karakteristik lempung di daerah Semarang terutama mengenai sifat ekspansif lempung melalui pendekatan mineralogi berdasarkan hasil analisis XRD dan SEM-EDX serta pengaruhnya terhadap potensi amblesan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batuan umumnya tersusun atas mineral lempung berupa montmorilonit, illit dan kaolinit/klorit, selain itu juga mengandung fraksi mineral non lempung. Hasil korelasi dengan data lapangan menunjukkan bahwa lempung yang berada relatif di dekat permukaan umumnya

mempunyai sifat ekspansif rendah – sedang, sedangkan lapisan lempung yang lebih dalam mempunyai sifat ekspansif sedang – tinggi. Lempung bawah permukaan di daerah Semarang menunjukkan sifat ekspansif yang rendah di bagian barat dengan kecenderungan peningkatan sifat ekspansif semakin ke arah timur. Keberadaan lapisan lempung tersebut diindikasikan mempercepat proses konsolidasi endapan Holosen di bagian timur dan utara Semarang yang memperbesar potensi amblesan tanah.

**Kata Kunci:** lempung, ekspansif, Semarang, XRD, SEM-EDX

**ABSTRACT:** Semarang City has experience intense subsidence. One of influencing factor is the compaction/consolidation of rock that closely related to subsurface condition, especially regarding the presence of clay layers. The engineering characteristics of soil or rock are dependent on the characters of the composing materials, for example the expansive soil or rock is largely influenced by the clay mineral composition. The montmorillonite mineral has the greatest swelling potential; hence its existence indicates the expansive characteristic of rock or soil. This paper aims to study the mineralogical characteristics of the clay minerals in Semarang city with particular interest on the expansive characteristic based on the XRD and SEM-EDX analyses and its influence on potential land subsidence. The results of study show that the rocks are generally composed of clay minerals of montmorillonite, illite and kaolinite/chlorite, and contain non clay minerals. Correlations with field data shows that the clay located near the surface has low to medium expansive potential, while the clay deposited deeper has medium to high expansive potential. The clay layer beneath Semarang plains shows increasing trend of expansivity in the western part towards the east. The presence of clay layers is indicated to accelerate the consolidation process on Holocene sediments in the east and

---

Naskah masuk : 28 Juni 2012  
Naskah diterima : 7 November 2012

---

Anita Yuliyanti  
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI  
Komplek LIPI, Jl. Sangkuiang, Bandung 40135  
Email : [anita\\_yuliyanti@yahoo.com](mailto:anita_yuliyanti@yahoo.com)

Dwi Sarah  
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI  
Komplek LIPI, Jl. Sangkuiang, Bandung 40135  
Email : [sarahpr28@yahoo.com](mailto:sarahpr28@yahoo.com)

Eko Soebowo  
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI  
Komplek LIPI, Jl. Sangkuiang, Bandung 40135  
Email : [soebowoeko@yahoo.com](mailto:soebowoeko@yahoo.com)

north of Semarang, increasing the potency of land subsidence.

**Keywords:** clay, expansive, Semarang, XRD, SEM-EDX

## PENDAHULUAN

Wilayah pesisir Kota Semarang merupakan paparan endapan Holosen yang dicirikan oleh endapan pasang surut, endapan sungai dan endapan pematang pantai, *swamp* dan aluvium yang terletak pada paparan dataran Kuartar (Thaden dkk., 1975). Geologi daerah paparan Semarang ini dicirikan oleh perulangan satuan lempung – lanau yang cukup dominan dengan sisipan pasir berukuran mulai halus hingga kasar. Proses sedimentasi yang berulang selama pengendapannya diperlihatkan oleh ketidakmenerusan lapisan lempung – lanau dan pasir yang saling menjari di kedalaman yang bervariasi. Sikuen urutan sedimen di beberapa lokasi mencerminkan tanah jenuh air, kohesif dan tekanan air pori yang tinggi. Kedalaman endapan kuartar ini mencapai hingga kedalaman > 150 meter berdasarkan hasil pemboran teknik dan pemboran air tanah (Laporan Teknis, Pusat Sumberdaya Airtanah dan Geologi Lingkungan, 2010). Studi mengenai karakteristik lempung di dasar perairan laut kota Semarang (Budiono dan Panggabean, 2008) menunjukkan bahwa mineral lempung di lepas pantai kota Semarang terdiri atas : kaolinit, illit, dan campuran montmorilonit dan illit. Daerah Semarang utara tersusun oleh endapan alluvium muda dengan sifat kompresibilitas tinggi, sehingga pemampatan tanah secara alami masih terjadi sampai sekarang (Sarah, 2011: komunikasi langsung).

Kota Semarang diketahui mengalami amblesan tanah yang intensif setiap tahunnya dengan laju amblesan tanah yang bervariasi secara spasial antara 0.8 -13.5 cm per tahun dengan laju semakin besar ke arah utara. Peristiwa amblesan tanah tersebut turut dipercepat dengan penurunan muka tanah oleh faktor kompaksi/konsolidasi batuan, penurunan muka airtanah dan pengurugan lahan (Sarah, 2011: komunikasi langsung). Faktor kompaksi/konsolidasi batuan salah satunya dipengaruhi oleh kondisi bawah permukaan dataran Semarang.

Karakter lingkungan keteknikan lahan dan ketidakhomogenan tanah/batuan bawah permukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor

antara lain unsur geologi, kondisi keairan, komposisi mineral penyusunnya dan proses sedimentasi, terutama pada material berbutir halus seperti lempung. Keberadaan lempung ekspansif sering menimbulkan masalah terutama yang berkaitan dengan geoteknik, diantaranya adalah dapat menimbulkan retak pada batuan dan selain itu juga menyebabkan kerusakan struktur bangunan yang dibangun pada *basement* tersebut (Herina, 2005). Sifat ekspansif lempung umumnya dapat diamati di lapangan dari sifat fisik batuan yang khas berupa rekahan-rekahan pada saat kering (mengkerut) dan sifat licin dan plastis pada saat basah (mengembang). Sifat ekspansif pada lempung, selain disebabkan oleh ukuran butir penyusunnya juga sangat dipengaruhi oleh mineralogi penyusun lempung tersebut. Kelimpahan mineral lempung sendiri sangat bervariasi dipengaruhi oleh berbagai macam hal diantaranya adalah jenis batuan asal, pelapukan serta proses diagenesis sehingga menyebabkan terdapatnya variasi baik secara vertikal maupun lateral.

Daya kembang tanah (lempung) ekspansif antara lain tergantung pada jenis dan jumlah mineral, kemudahan bertukarnya ion-ionnya atau disebut kapasitas pertukaran kation serta kandungan elektrolit dan tatanan struktur lapisan mineral (Herina, 2005). Mineral lempung yang menyusun lempung ekspansif umumnya antara lain adalah montmorilonit, illit, dan kaolinit. Dari ketiga jenis mineral tersebut, montmorilonit mempunyai daya kembang terbesar (Grim, 1968; Millot, 1970; Velde, 1995; Moore dan Reynolds, 1997), sehingga kehadirannya diduga merupakan faktor utama yang menentukan sifat ekspansif pada jenis lempung tersebut. Dengan mengetahui kandungan mineralogi yang terkandung dalam tanah/batuan dapat digunakan untuk memperkirakan sifat ekspansif lempung.

Kehadiran lapisan lempung yang cukup tebal pada endapan Holosen di daerah Semarang dan amblesan tanah diduga mempunyai keterkaitan. Sehingga pengetahuan mengenai karakteristik lempung bawah permukaan di Semarang diperlukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap amblesan yang terjadi di daerah tersebut.

Tujuan dalam penelitian difokuskan terhadap karakteristik lempung guna mengetahui mineralogi batuan lempung dan memperkirakan

sifat ekspansif batuan tersebut sehingga diperoleh gambaran mengenai karakter lempung serta pengaruhnya terhadap amblesan tanah di daerah Semarang. Penelitian ini meliputi tahap penelitian lapangan dan uji laboratorium. Adapun pengambilan sampel batuan dilakukan dengan melalui pemboran geologi teknik.

## METODOLOGI

Dataran Semarang tersusun oleh endapan Holosen yang dominan berupa perulangan lempung – lanau. Bencana amblesan tanah di daerah tersebut telah terjadi secara berkala dan diduga turut dipengaruhi oleh kondisi bawah permukaan salah satunya adalah dengan keberadaan lapisan lempung tebal di bawah permukaan (Sarah dkk., 2011). Karakteristik lempung terutama jenis montmorilonit yang mudah mengembang dan menyusut oleh pengaruh kandungan air (Grim, 1968; Millot, 1970; Velde, 1995; Moore dan Reynolds, 1997), diduga mempercepat proses amblesan. Menurut Sarah (2011: komunikasi langsung) keberadaan lapisan lempung diindikasikan mempercepat proses konsolidasi terutama pada kondisi penurunan muka air tanah dan menjadi salah satu faktor penyebab amblesan tanah. Sehingga dengan mengetahui kelimpahan mineral lempung jenis tertentu pada batuan, dapat digunakan untuk menduga sifat ekspansif dari batuan tersebut dan lebih jauh mengetahui pengaruhnya terhadap amblesan yang berpotensi terjadi lokasi batuan tersebut.

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data dari 3 lubang bor geologi teknik di paparan endapan Holosen Semarang yaitu Bandarharjo (BM-01), Madukoro (BM-03) dan Kaligawe (BM-04 dan BT-04) (Gambar 1). Pengujian dilakukan terhadap beberapa sampel batuan pada kedalaman 5 hingga 90 meter dan dilakukan analisa karakteristik lempung kaitannya dengan sifat mengembang lempung. Selanjutnya dilakukan uji analisa SEM-EDX.

Kelompok mineral lempung sulit diidentifikasi melalui pengamatan mikroskopis, karena ukuran butir mineral yang sangat halus sehingga memerlukan analisis yang mengacu pada struktur kristal dan morfologi mineral tersebut. Untuk mengidentifikasi mineralogi karakteristik mineral lempung dalam batuan yang diteliti, digunakan 2

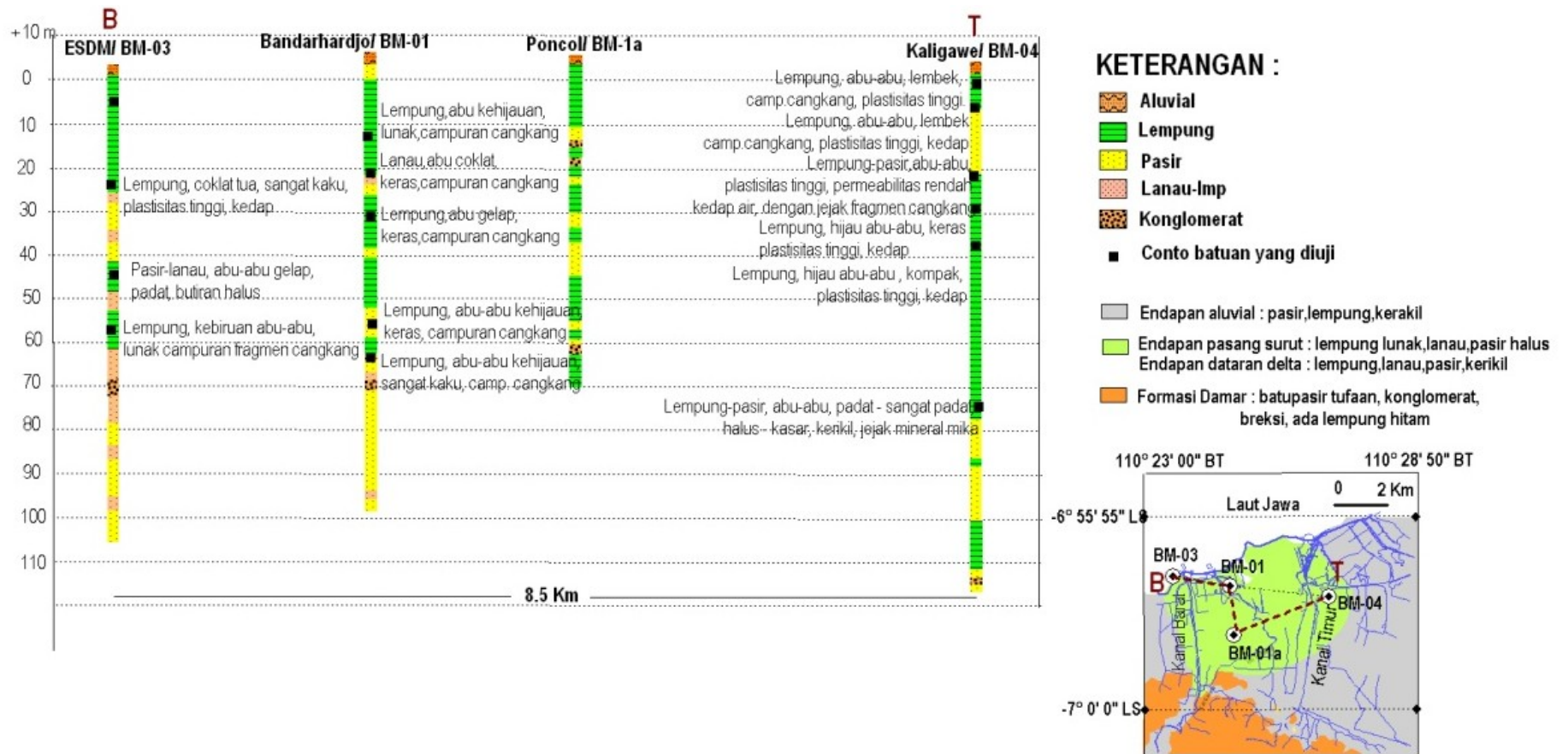
(dua) jenis analisis meliputi analisis XRD dan analisis SEM-EDX.

Metode analisis dengan difraksi sinar X (XRD) dapat digunakan untuk mengidentifikasi mineral lempung karena menekankan pada aspek stuktur kristal mineral dengan mengacu pada hukum Bragg dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis mineral selama mineral tersebut mempunyai bentuk kristal tertentu meskipun ukurannya sangat kecil. Beberapa penelitian sebelumnya (JCPDS, 1980; Moore dan Reynolds, 1997; Poppe et al., 2001; Harris dan White, 2008) telah mempelajari mengenai karakter difraksi sinar X pada mineral tunggal yang dapat memberikan panduan mengenai sifat dasar pola difraksi sinar X untuk masing-masing jenis mineral lempung. Analisis XRD semi kuantitatif dilakukan untuk mengetahui proporsi mineral lempung montmorilonit, illit dan kaolinit/klorit berguna untuk memperkirakan sifat ekspansif lempung yang terkandung dalam batuan. Identifikasi mineral lempung secara semi kuantitatif dilakukan berdasarkan *peak area* dengan mengacu pada Moore dan Reynolds (1997) dan Brown and Brindley (1980) dalam Deepthy dan Balakrishnan (2005), menggunakan perhitungan berikut :

$$\% \text{ mineral lempung} = 100 \times \left[ \frac{I_{\text{mineral lempung}}}{\sum I_{\text{keseluruhan mineral lempung dalam sampel}}} \right]$$

dimana  $I$  = *peak area* dari mineral lempung. Peak mineral lempung yang digunakan untuk analisis semi kuantitatif adalah *d-spacing* utama yang paling umum hadir dalam hasil analisis XRD: montmorilonit–14Å, illite–10Å dan kaolinit–7 Å, yaitu 3 *peak* dengan intensitas tertinggi dari masing-masing jenis mineral lempung tersebut.

Hasil analisis SEM berupa citra foto dengan perbesaran hingga ribuan kali sangat membantu dalam mengidentifikasi mineral-mineral yang berukuran sangat halus. Analisis tersebut mengacu pada mikro morfologi mineral sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi mineral lempung dan mendukung data yang diperoleh dari hasil XRD. Data EDX digunakan untuk mendukung hasil interpretasi SEM yaitu untuk membantu menduga kandungan mineral dalam batuan berdasarkan kandungan kimianya.



Gambar 1. Peta Geologi Kota Semarang (Thaden dkk, 1975), lokasi titik bor geologi teknik dan sampel yang diuji

## HASIL

Mineralogi batuan diperoleh berdasarkan data hasil XRD dan SEM-EDX. Mineralogi batuan secara umum dapat diketahui dari hasil XRD yang dapat mengidentifikasi kehadiran mineral tertentu berdasarkan sifat fisik (kisi) struktur dalam mineral, yaitu secara kualitatif dengan membandingkan nilai pada kurva hasil analisa dengan nilai-nilai pada beberapa kurva mineral standar. Selain itu hasil XRD juga diolah secara semi kuantitatif, terutama untuk mengetahui rasio mineral lempung. Keakuratan hasil interpretasi mineral yang diperoleh melalui metode ini cukup rendah karena sangat dipengaruhi oleh peralatan dan kemampuan operator/interpreter. Data SEM digunakan untuk mengidentifikasi jenis mineral secara deskriptif berdasarkan kemiripan morfologi mineral dan dapat dikuatkan dengan data EDX yang dapat mengidentifikasi kandungan unsur-unsur utama pada obyek untuk lebih memastikan jenis mineral tersebut. Sampel batuan sebagian besar berupa batuan berukuran butir lempung, serta beberapa lanau dan pasir. Lempung umumnya berwarna abu-abu kehijauan – abu-abu, pada sampel batuan yang diambil dekat dengan permukaan bersifat lunak (*soft*), sedangkan sampel yang berada pada posisi lebih dalam rata-rata bersifat lunak – keras (*firm – stiff*), umumnya mempunyai plastisitas tinggi dan bersifat impermeabel. Batuan bersifat karbonatan ditunjukkan dengan kehadiran fragmen cangkang.

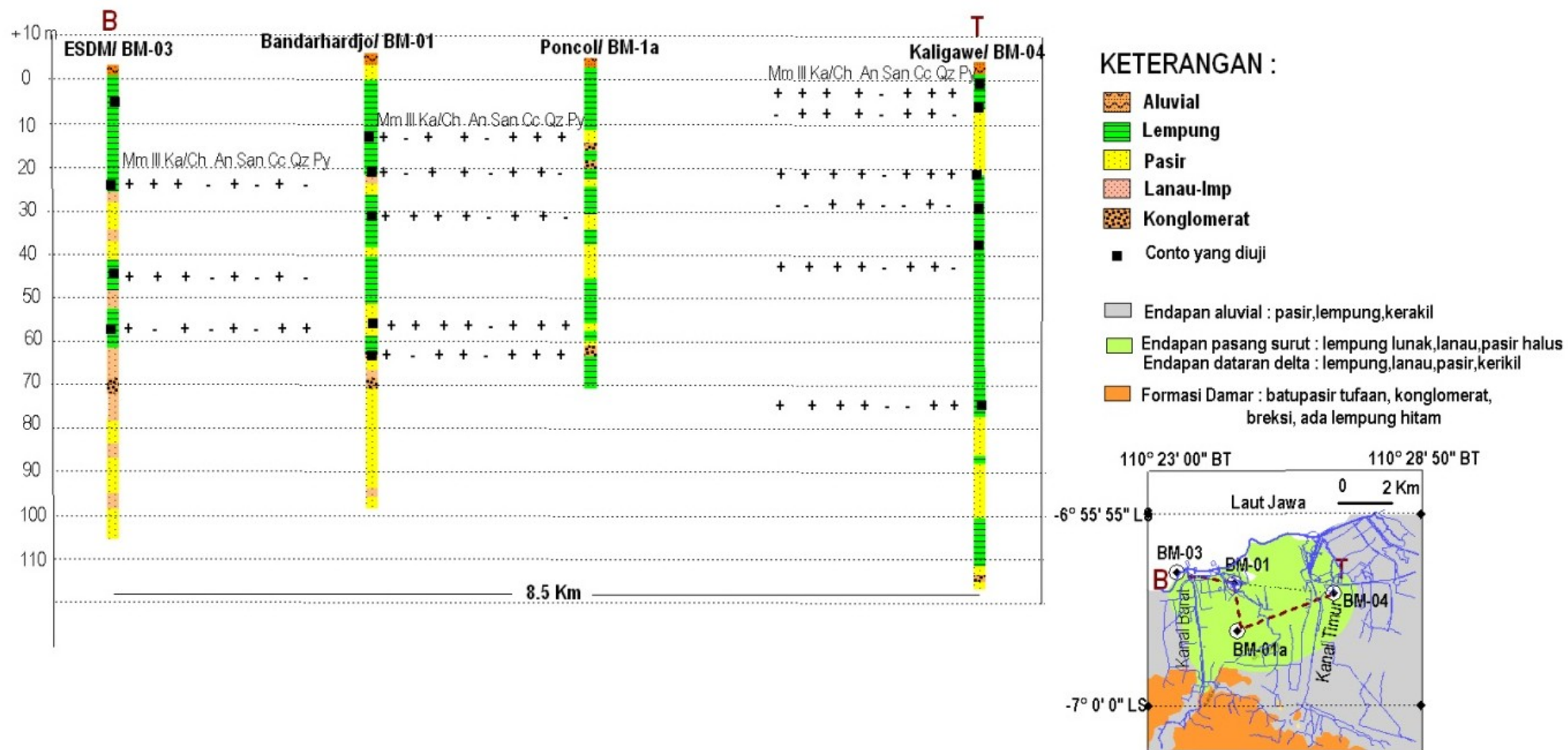
Berdasarkan hasil XRD, batuan yang diteliti umumnya tersusun atas mineral lempung berupa montmorilonit, illit dan kaolinit/klorit, selain itu juga mengandung fraksi mineral non lempung berupa feldspar (anorthit dan sanidin), kalsit, kuarsa dan pirit (Gambar 2).

Hasil SEM umumnya menunjukkan struktur sarang lebah (*webby*) yang khas dimiliki oleh mineral montmorilonit. Mineral lempung lain yang dapat diidentifikasi yaitu kaolinit berbentuk pseudoheksagonal yang bertumpuk-tumpuk dan illit berbentuk filamen memanjang (*hairy structure*) (Gambar 3).

Secara vertikal hasil SEM (Gambar 4) menunjukkan bahwa lempung yang berada didekat permukaan mempunyai permukaan batuan yang butirannya bersifat agak lepas dengan ukuran butir kurang seragam, bersifat

porous – sangat porous. Pori yang terbentuk sebagian besar merupakan ruang antar butir dan antar agregat lempung. Sedangkan lempung yang berada pada lokasi yang lebih dalam umumnya menunjukkan permukaan batuan yang relatif segar dan kurang porous, ukuran butir terlihat relatif seragam, pori batuan berukuran halus ( $\pm 20\mu\text{m}$ ) berupa ruang antar butir dan antar agregat lempung tersebar tidak merata. Batuan berubah sebagian menjadi mineral lempung. Litologi lainnya yaitu berupa batulempung dan batupasir. Batulanau menunjukkan permukaan batuan yang relatif segar dan kurang porous, ukuran butir terlihat tidak seragam, pori batuan berukuran halus berupa ruang antar butir dan antar agregat lempung tersebar tidak merata, batuan berubah sebagian menjadi mineral lempung. Batupasir menunjukkan permukaan batuan yang butirannya bersifat agak lepas dan bersifat porous – sangat porous, ukuran butir klastika batuan relatif seragam dengan ukuran butir rata-rata 0,1mm. Pori yang terbentuk sebagian besar merupakan ruang antar butir dengan penyebaran yang merata. Batuan banyak mengandung fragmen feldspar berbentuk pecahan dan sebagian batuan berubah menjadi mineral lempung, permukaan klastika batuan sebagian tertutup oleh mineral lempung.

Sampel batuan dari lokasi BM 1 diambil dari 5 kedalaman yang berbeda berturut-turut 11,60 – 12,00 m; 22,60 – 23,00 m; 33,60 – 34,00 m; 58,60 – 59,00 m dan 62,40 – 62,80 m. Pada lokasi tersebut batuan tersusun oleh feldspar, kalsit, kuarsa dan mineral lempung. Kandungan kalsit cukup melimpah dalam bentuk fosil foraminifera dan nanofosil, selain itu juga sebagai fragmen batuan karbonat. Feldspar dalam batuan tersebut teridentifikasi berupa anorthit (Na-Ca Feldspar). Sebagian batuan telah berubah menjadi mineral lempung. Pada bagian dekat permukaan (kedalaman 11,60 – 12,00 m), mineral lempung dominan berupa kaolinit. Mineral lempung tersebut merupakan jenis mineral lempung yang umum dijumpai pada zona pelapukan, sehingga umumnya dominan pada lapisan teratas batuan yang mengalami proses pelapukan. Sedangkan pada lokasi yang lebih dalam mineral lempung rata-rata dominan berupa montmorilonit. Mineral lempung tersebut berasal dari ubahan dari Na-Ca feldspar yang keterdapatannya cukup melimpah dijumpai dalam batuan. Pirit dengan struktur framboid

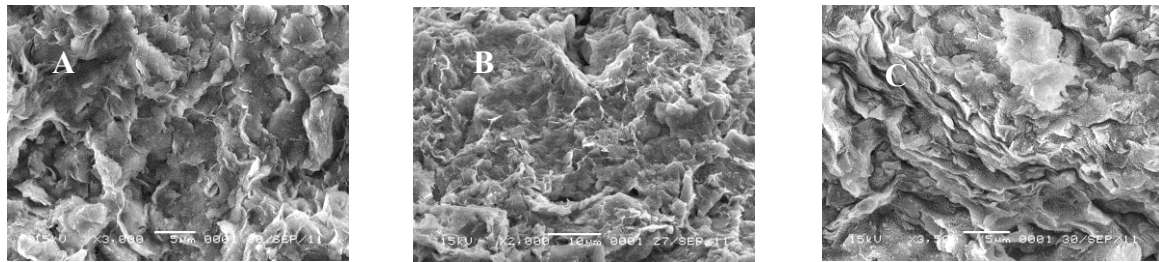


Keterangan; Mtm (montmorilonit); Ill (illite); Kao/Chl (kaolinit/klorit); An (anorthit); San (sanidin); Cc (kalsit); Qz (kuarsa); Py (pirit); hadir (+); tidak hadir (-).

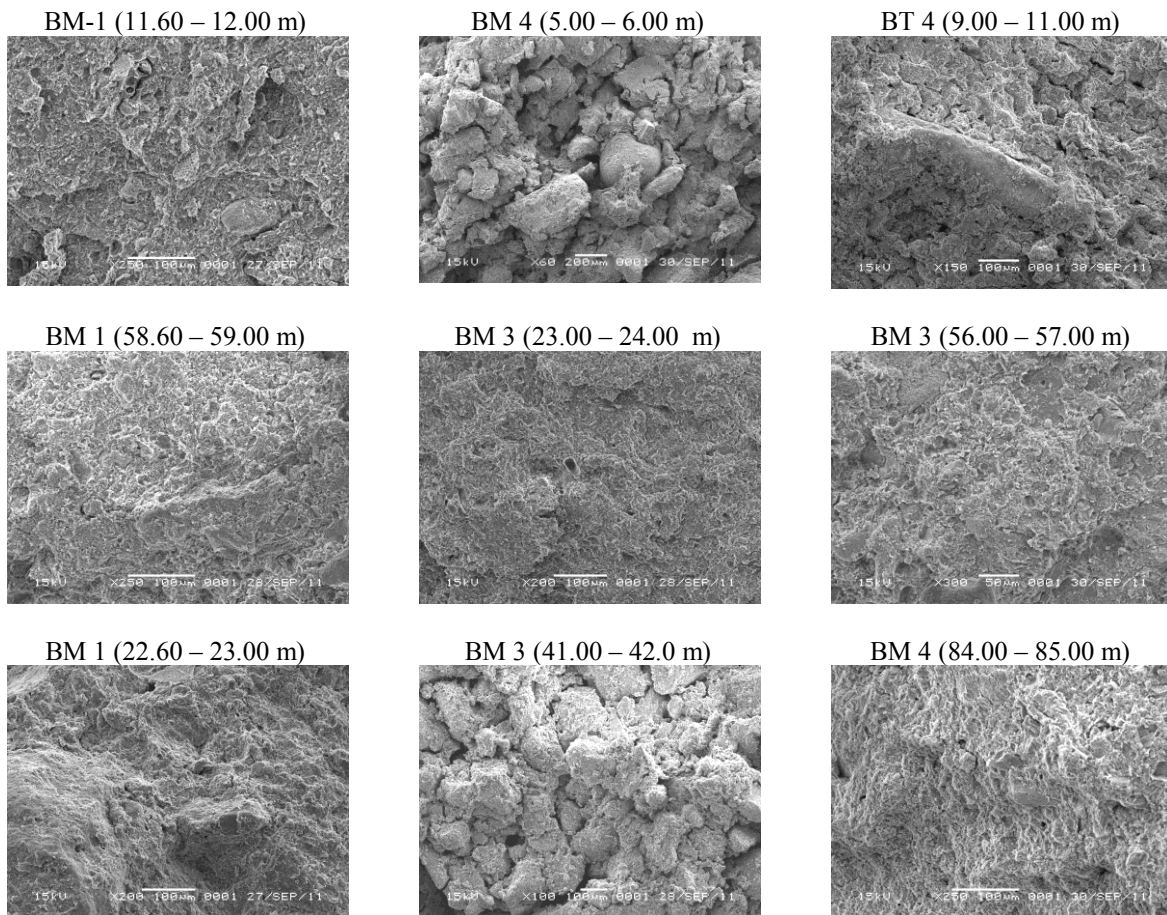
Gambar 2. Grafik sifat ekspansif mineral lempung berdasarkan hasil XRD semi kuantitatif

tampak terbentuk secara autigenik dalam batuan, berbentuk kubik berukuran halus dan mengisi rongga dalam batuan.

kelompok kalium feldspar (K feldspar). Mineral lempung montmorilonit dijumpai pada ke 3 (tiga) sampel batuan tersebut. Mineral lempung kaolinit



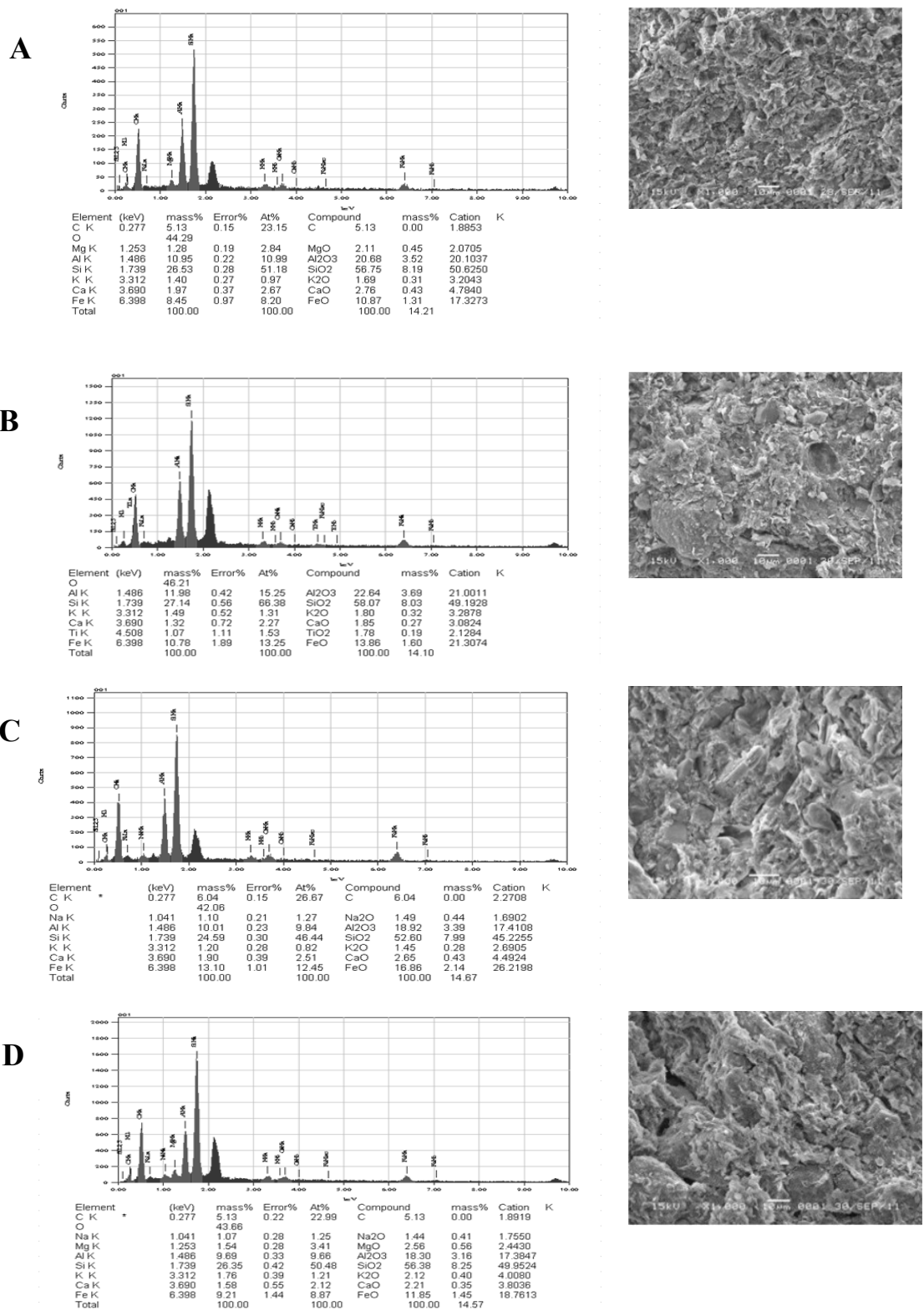
Gambar 3. Identifikasi mineral lempung hasil SEM menunjukkan kehadiran montmorilonit (A), illite (B) dan kaolinit (C).



Gambar 4. Fotomikrograf SEM dari beberapa sampel batuan berupa lempung permukaan (baris atas), batulempung (baris tengah), dan variasi batuan lain berupa batulanau dan batupasir (baris bawah).

Sampel batuan dari lokasi BM 3 diambil dari 3 kedalaman yang berbeda berturut-turut 23,00 – 24,00 m; 41,00 – 42,00 m dan 56,00 – 57,00 m. Batuan pada lokasi tersebut tersusun oleh feldspar, kuarsa dan mineral lempung. Batuan pada lokasi tersebut mengandung feldspar berupa sanidin, mineral tersebut termasuk dalam

dominan pada sampel dari kedalaman 23,00 – 24,00 m dan 56,00 – 57,00 m. Selain dijumpai melimpah pada zona pelapukan, kaolinit juga dapat terbentuk sebagai mineral ubahan dari feldspar. Illit cukup melimpah pada kedalaman 41,00 – 42,00 m.



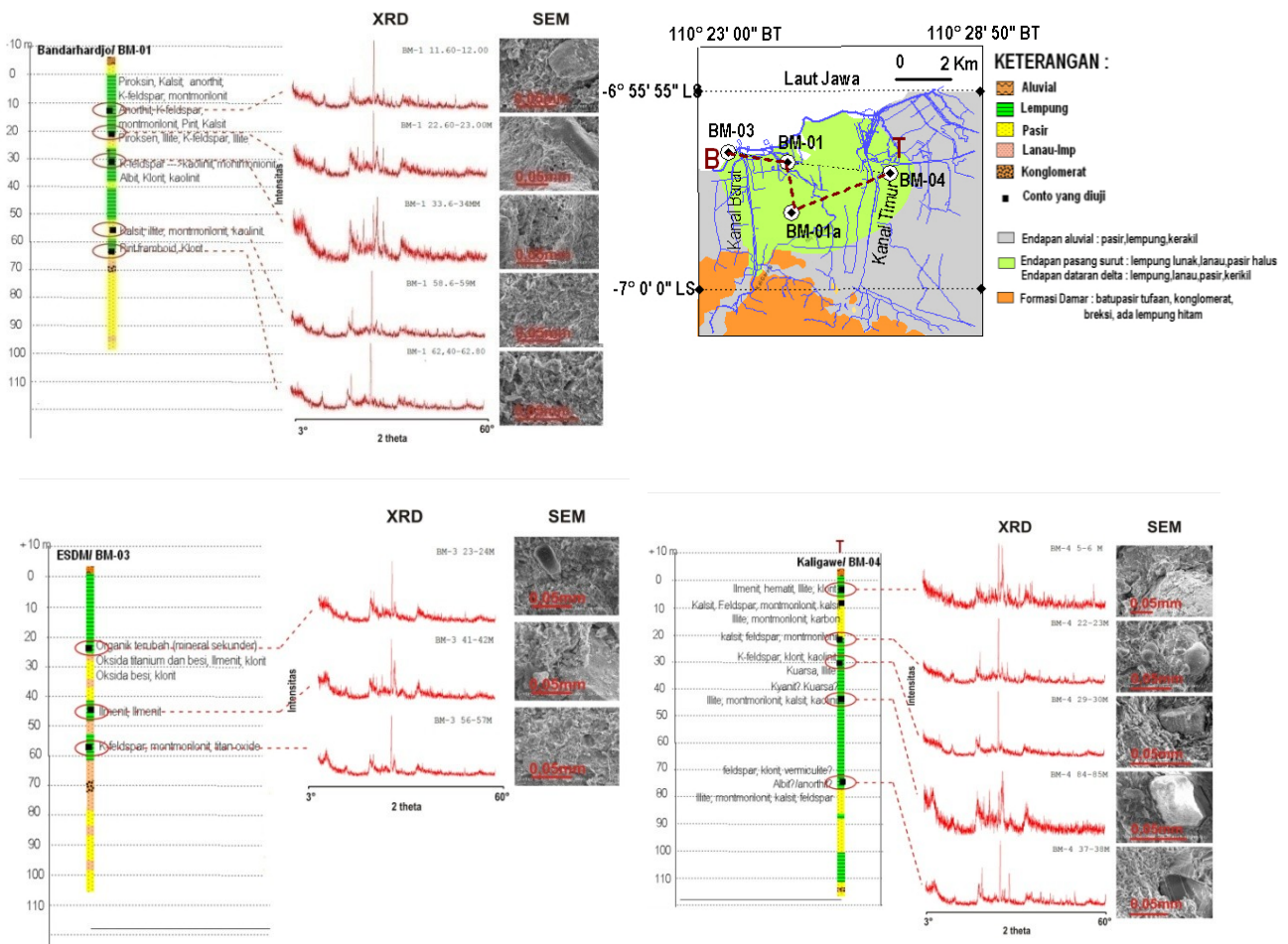
Gambar 5. Hasil EDX lempung (A). BM 1 : 58,60 – 59,00m hasil interpretasinya menunjukkan kandungan mineral : kalsit, illit, montmorilonit, kaolinit; (B). BM 3 : 56,00 – 57,00m : K-feldspar, montmorilonit dan oksida logam; (C). BM 4 : 84,00 – 85,00m : illit, montmorilonit, kalsit, feldspar; dan (D). BT 4 : 9,00 – 11,00m : illit; montmorilonit; karbon (organik).



Sampel batuan dari lokasi BM 4 diambil dari 5 kedalaman yang berbeda berturut-turut 5,00 – 6,00 m; 22,00 – 23,00 m; 29,00 – 30,00 m; 37,00 – 38,00 m dan 84,00 – 85,00 m. Pada lokasi kuarsa dan mineral lempung. Jenis feldspar pada sampel batuan yang diambil pada lokasi ini berupa anorthit (Na-Ca Feldspar). Mineral lempung dominan berupa montmorilonit, kecuali pada kedalaman 29,00 – 30,00 m yang dominan berupa kaolinit.

Sampel batuan dari lokasi BT 4 diambil dari

masing objek EDX. Rumus kimia tersebut digunakan untuk lebih memastikan jenis kandungan mineral yang sebelumnya telah diidentifikasi lebih dahulu berdasarkan morfologi mineralnya. Secara umum sampel batuan dari lokasi lokasi BM 1 terindikasi mengandung mineral piroksen, kalsit, feldspar, K-feldspar, pirit, klorit, montmorilonit, illit dan kaolinit, sampel batuan dari BM 3 mengandung oksida logam, klorit, K-feldspar dan montmorilonit, sampel batuan dari BM 4 mengandung oksida logam, feldspar, klorit, kalsit, K-feldspar, kuarsa,



Gambar 6. Penampang vertikal mineralogi batuan hasil SEM-EDX dan XRD pada sampel batuan dari lubang bor BM 1; BM 3 dan BM 4.

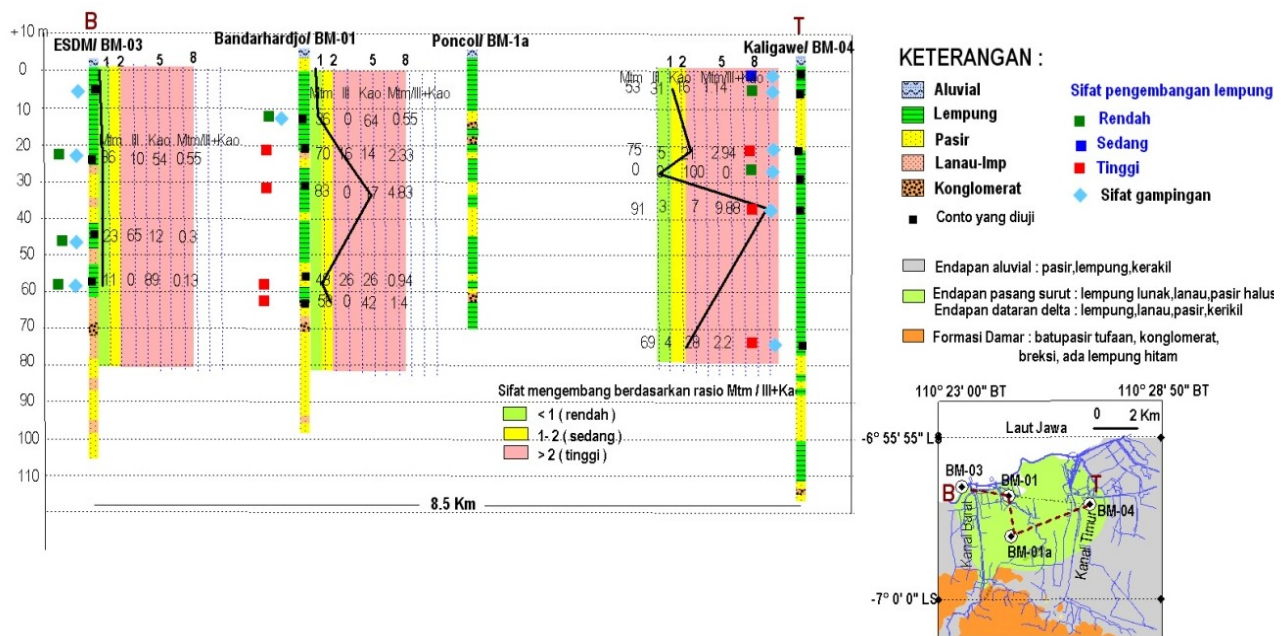
kedalaman 9,00 – 11,00 m. Komposisi mineral batuan antara lain kalsit, kuarsa, feldspar (anorthit). Batuan berubah sebagian menjadi mineral lempung berupa kaolinit dan illit.

Hasil EDX berupa kandungan oksida utama dalam %massa (Gambar 5) diolah untuk mengetahui rumus kimia empiris dari masing-

illit, dan montmorilonit. kalsit serta sampel batuan dari BT 4 mengandung karbon (organik), feldspar, montmorilonit, illit.

**PEMBAHASAN**

Kelimpahan mineral lempung dalam batuan dipengaruhi oleh jumlah fraksi batuan yang berukuran lempung dan komposisi mineral



Gambar 7. Grafik sifat ekspansif mineral lempung berdasarkan hasil XRD semi kuantitatif.

batuan asal. Selain itu kelimpahan mineral lempung juga dipengaruhi oleh tingkat diagenesa batuan, sehingga biasanya mengalami peningkatan bersama dengan penambahan kedalaman. Mineral lempung jenis montmorilonit mempunyai karakter berupa struktur dalam yang mudah mengembang apabila terkena air sehingga sangat erat kaitannya dengan kemampuan kembang susut batuan sedangkan illit dan kaolinit mempunyai struktur kisi mineral yang relatif lebih stabil sehingga tidak mudah mengembang. Dengan demikian, kehadiran mineral lempung tersebut turut berpengaruh pada sifat keteknikan batuan.

Rasio kandungan mineral lempung montmorilonit terhadap illit dan kaolinit dapat digunakan untuk memprediksi sifat ekspansif/mengembang mineral lempung dalam batuan. Rasio tersebut diperoleh dari hasil analisis data XRD secara semikuantitatif (Moore dan Reynolds, 1997), Brown dan Brindley, 1980 dalam Deepthy dan Balakrishnan, 2005). Hasil perhitungan rasio dikelompokkan menjadi 3 sebagai berikut: 1). sifat ekspansif rendah (rasio <1), 2). sifat ekspansif sedang (rasio 1 – 2), dan 3) sifat ekspansif tinggi (rasio >2). Berdasarkan pengelompokkan tersebut diperkirakan sifat mengembang mineral lempung yang cukup tinggi berpotensi terdapat pada lokasi BM 1 kedalaman

22,60 – 23,00 m dan 33,60 – 34,00 m, serta BM 4 kedalaman 22,00 – 23,00 m, 37,00 – 38,00 m dan 84,00 – 85,00 m. Sedangkan sampel batuan pada lokasi BM 3 dan BT 4 umumnya mempunyai rasio yang rendah (Gambar 7). Untuk mengaitkannya dengan sifat mengembang batuan secara umum, diperlukan perbandingan dengan data kelimpahan fraksi mineral lempung, porositas, hubungan antar butir batuan serta data-data hasil analisa pendukung lainnya.

Hasil korelasi dengan data lapangan menunjukkan bahwa lempung yang berada relatif didekat permukaan (BM 1: 11,60 – 12,00; BM 4: 5,00 – 6,00; BT 4: 9,00 – 11,00) umumnya berwarna abu-abu, bersifat sangat lunak, mempunyai plastisitas tinggi dan bersifat impermeabel (Gambar 1). Hasil analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa ketiga sampel tersebut mempunyai sifat ekspansif rendah – sedang (Gambar 7). Sebaliknya, beberapa sampel lempung yang diambil dari lokasi yang lebih dalam (BM 1: 33,60 – 34,00 dan 62,40 – 62,80; BM 4: 22,00 – 23,00 dan 37,00 – 38,00) menunjukkan sifat fisik di lapangan berwarna abu-abu – abu-abu kehijauan, mempunyai plastisitas tinggi dan bersifat impermeabel dan hasil analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa sampel-sampel batuan tersebut diperkirakan mempunyai sifat ekspansif sedang – tinggi.

## KESIMPULAN

Karakteristik lempung dari lokasi penelitian umumnya menunjukkan perbedaan sifat fisik antara lempung yang berada di dekat permukaan terhadap lempung yang diambil dari tempat yang lebih dalam. Lempung permukaan mempunyai sifat fisik yang umumnya bersifat lebih lunak (*soft*) namun dilihat dari aspek mineralogi lempungnya mempunyai rasio Mtm/Ill+Kao yang kecil atau dapat dikatakan sifat ekspansifitasnya relatif rendah. Sedangkan lempung dari tempat yang lebih dalam meskipun di lapangan menunjukkan sifat fisik yang lebih keras (*firm – stiff*), mempunyai rasio Mtm/Ill+Kao yang besar atau dapat dikatakan sifat ekspansifitasnya relatif tinggi. Berdasarkan mineraloginya diduga bahwa jenis batuan asal pada lokasi BM 3 berbeda dari 3 (tiga) lokasi lainnya (BM 1, BM 4 dan BT 4) dan menunjukkan karakteristik lempung dengan sifat ekspansif yang rendah. Lempung bawah permukaan di daerah Semarang menunjukkan sifat ekspansif yang rendah di bagian barat dengan kecenderungan peningkatan sifat ekspansif semakin ke arah timur. Keberadaan lapisan lempung tersebut diindikasikan mempercepat proses konsolidasi endapan Holosen di bagian timur dan utara Semarang yang memperbesar potensi amblesan tanah.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih Ir.Dodid Murdohardono M.Sc selaku Kepala Pusat Sumber Daya Airtanah dan Geologi Lingkungan, Badan Geologi, Bandung atas diskusi, masukan selama penyusunan ini dan telah memberikan data-data hasil pemboran teknik dalam studi ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada rekan-rekan yang telah banyak membantu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, K. dan Panggabean, H., 2008. Karakteristik Mineral Lempung pada Sedimen Resen Permukaan Dasar Laut di Perairan Kota Semarang, Jurnal Sumber Daya Geologi Vol.18 no4. Agustus 2008. p. 231-238.
- Deepthy, R. and Balakrishnan, S., 2005. Climatic Control on Clay Mineral Formation: Evidence from Weathering Profiles Developed on Either Side of the Western Ghats, J. Earth Syst. Sci. 114, No. 5, October 2005, pp. 545–556.
- Grim, R.E., 1968. Clay Mineralogy, 2<sup>nd</sup> edition, Mc-Graw-Hill Book Company, New York.
- Harris, W. dan White, N., 2008. X-ray diffraction techniques for soil mineral identification, dalam Drees, L.R. dan Ulery, A.L. (ed.), Methods of Soil Analysis - Part 5: Mineralogical Methods, Volume 5 dari SSSA Book Series Edisi-3, p. 81-116.
- Herina, S.F., 2005. Kajian Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Fondasi Ekspansif Untuk Bangunan Sederhana, Kolokium & Open House 2005, Puslitbang Permukiman, Badan Litbang Dept. Pekerjaan Umum.
- JCPDS, 1980. Mineral Powder Diffraction File Data Book 1 & 2, JCPDS International Centre for Diffraction Data.
- Millot, G., 1970. Geology of Clays, Masson Et C, Paris, Hapman & Hall, London.
- Moore, D.M., dan Reynolds, R.C., 1997. X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals, Oxford University Press, Inc., New York
- Sarah, D., Murdohardono, D., Soebowo, E., Lubis, R.F., dan Mulyono, A., 2011. Amblesan Tanah di Pulau Jawa: Kasus dan Konsep Perhitungan Amblesan Tanah di Kota Semarang, Perspektif Terhadap Kebencanaan dan Lingkungan di Indonesia : Studi Kasus dan Pengurangan Dampak Risikonya, Sub-kegiatan Kompetitif LIPI Kebencanaan dan Lingkungan – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung
- Thaden, R.E., Sumadirja, H. and Richards P.W., 1975. Peta Geologi lembar Magelang dan Semarang, Jawa, Skala 1 : 100.000. Direktorat Geologi, Bandung.
- PoppeL.J., Paskevich, V.P., Hathaway, J.C., and Blackwood, D.S., 2001. Clay Identification Flow Diagram: A Laboratory Manual for X-Ray Powder Diffraction, U.S. Geological Survey Open-File Report 01-041
- Velde, B., 1995. Origin and Mineralogy of Clays, Clays and the Environment, Springer, Berlin.

