



Analisis Potensi Ekspansi Batulempung Formasi Bojongmanik

Heri Syaeful*¹, Wira Cakrabuana¹

¹Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir, BATAN, Jalan Lebak Bulus Raya 9, Pasar Jumat, Jakarta, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima:

25 Juni 2019

Diterima dalam bentuk revisi:

28 Juni 2019

Disetujui:

9 Juli 2019

Kata kunci:

Formasi Bojongmanik

Potensi ekspansi

Mineral lempung

Derajat ekspansi

ABSTRAK

ANALISIS POTENSI EKSPANSI FORMASI BOJONGMANIK. Formasi Bojongmanik diendapkan pada lingkungan laguna sampai laut, tersusun oleh perselingan batulempung dan batupasir dengan sisipan batugamping. Beberapa kejadian keruntuhan tanah pada batulempung Formasi Bojongmanik mendorong penelitian potensi ekspansi formasi batuan tersebut. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui potensi ekspansi batuan lempung yang termasuk dalam Formasi Bojongmanik. Metodologi yang dilakukan dengan melakukan studi lingkungan pengendapan, survei lapangan, uji laboratorium, dan analisis klasifikasi potensi ekspansi berdasarkan beberapa metode yang telah dipublikasikan sebelumnya. Hasil dari penelitian diketahui Formasi Bojongmanik diendapkan di lingkungan transisi (laguna sampai laut), mengandung tanah yang mayoritas berjenis CH (lempung anorganik dengan plastisitas tinggi), didominasi oleh mineral lempung illit-monmorilonit yang bersifat ekspansif, serta berdasarkan berbagai analisis klasifikasi, memiliki derajat ekspansi tinggi sampai sangat tinggi.

ABSTRACT

ANALYSIS OF EXPANSION POTENTIAL OF BOJONGMANIK FORMATION. Bojongmanik Formation deposited in lagoon to marine environment, composed by alternating claystones and sandstones with limestone inserts. Several events of soil collapse in the claystone of the Bojongmanik Formation encourage research of expansion potential of these rock formations. The purpose of this study was to determine the expansion potential of clay rocks included in the Bojongmanik Formation. The methodology was carried out by conducting depositional environment studies, field surveys, laboratory tests, and expansion potential classification analysis based on several methods previously published. This study resulted that Bojongmanik Fm, which was deposited in transitional environment (lagoon to marine), contains mostly CH-type soils (inorganic clay with high plasticity), predominated by expansive clay minerals illite-montmorillonite, and based on several classification analysis, has high to very high degree of expansion.

Keywords: Bojongmanik Fm, expansion potential, clay mineral, degree of expansion

© 2019 Jurnal Pengembangan Energi Nuklir. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

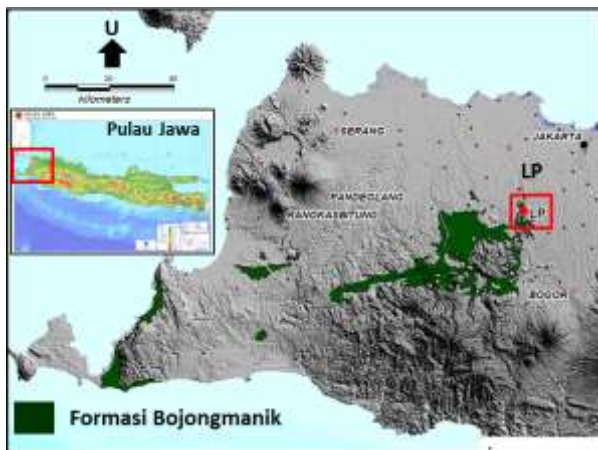
Penelitian tentang sifat lempung ekspansif dari Formasi Bojongmanik diawali dari pertanyaan yang muncul pada saat kegiatan investigasi geoteknik di daerah kompleks perkantoran Puspiptek, terutama tentang terjadinya pendangkalan lubang bor dalam selang waktu beberapa jam saja. Selain itu, pada beberapa lokasi sebaran Formasi Bojongmanik yang diamati di Daerah Cisauk, terjadi keruntuhan tanah berupa amblesan dan longsor yang berhubungan dengan kontak material lempung dengan air. Beberapa kondisi tersebut menjadi latar belakang

diperlukannya penelitian tentang sifat lempung ekspansif Formasi Bojongmanik. Tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui keberadaan lempung ekspansif Formasi Bojongmanik. Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah dihasilkan suatu pemahaman dan kewaspadaan dalam melakukan perencanaan konstruksi pada zona lempung Formasi Bojongmanik, terutama apabila material tanah tersebut telah terekspos ke permukaan.

Formasi Bojongmanik, tersusun oleh perselingan batupasir dan batulempung dengan

*Penulis korespondensi.
E-mail: syaeful@batan.go.id

sisipan batugamping, ketebalannya diperkirakan mencapai 1.000 m [1]. Formasi ini tersingkap dari Pandeglang, Lebak, Bogor, dan Tangerang Selatan. Analisis sifat lempung ekspansif Formasi Bojongmanik akan secara fokus dilakukan berdasarkan data yang telah dikumpulkan di lokasi penelitian Serpong, Tangerang Selatan dan sekitarnya (Gambar 1).



Gambar 1. Sebaran Formasi Bojongmanik dan Lokasi Penelitian / LP (modifikasi dari Peta Geologi Regional Lembar Jakarta dsk.) [1].

Dari berbagai jenis tanah, tanah lempung adalah tanah yang banyak ditemukan dalam kebanyakan masalah keteknikan karena tanah lempung merupakan tanah yang kohesif [2]. Tanah kohesif didefinisikan sebagai kumpulan dari partikel mineral yang mempunyai indeks plastisitas sesuai dengan batas-batas Atterberg yang ketika dalam kondisi kering membentuk suatu massa tanah yang bersatu sedemikian rupa sehingga diperlukan suatu gaya untuk memisahkan setiap butiran mikroskopisnya [2].

Tanah ekspansif atau disebut juga dengan tanah mengembang, adalah tanah yang memiliki sifat kembang susut yang besar, mengembang pada musim hujan dan menyusut pada musim kemarau. Besarnya pengembangan atau penyusutan tidak merata dari suatu titik ke titik

lainnya sehingga menimbulkan *differential movement* [2].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui potensi ekspansi tanah, antara lain menggunakan studi laboratorium berupa uji sifat fisik, uji mekanika tanah, dan uji mineralogi lempung. Berdasarkan penelitian terdahulu, dengan menggunakan studi mineralogi XRD dan SEM-EDX, diketahui bahwa endapan Holosen berupa perulangan lempung dan lanau di daerah Semarang memiliki sifat tanah ekspansif karena kandungan monmorilonit. Kondisi tertentu menunjukkan bahwa pada kedalaman lebih dari 10 m tanah lebih bersifat ekspansif daripada di permukaan [2]. Metode *free swell test* dapat pula digunakan untuk mengetahui potensi ekspansi tanah dan merupakan metode yang relatif mudah [3]. Survei yang dilaksanakan secara langsung di lapangan berdasarkan parameter observasi dan wawancara yang dibandingkan dengan hasil uji laboratorium menghasilkan kesimpulan bahwa nilai potensi dan nilai tekanan tanah lempung ekspansif yang mengalami penurunan pada saat kadar air ditingkatkan [4], pada observasi lain, diperoleh kesimpulan bahwa untuk tanah dengan potensi ekspansi yang tinggi disarankan agar dilakukan stabilisasi terlebih dahulu sampai tercapai daya dukung dan *settlement* yang diizinkan [5].

2. METODOLOGI

Penelitian tentang lempung ekspansif Formasi Bojongmanik dilakukan dengan:

- studi literatur lingkungan pengendapan Formasi Bojongmanik,
- survei lapangan (pengamatan lempung ekspansif),
- analisis laboratorium (sifat fisik, potensi ekspansi, difraksi sinar X),

- d. beberapa analisis klasifikasi (jenis tanah menurut USCS, kandungan mineral lempung dengan Grafik Casagrande, klasifikasi tanah berdasarkan aktivitas, dan klasifikasi derajat ekspansi tanah)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Lingkungan Pengendapan Formasi Bojongmanik

Formasi batuan yang terdapat di daerah penelitian dari tua ke muda adalah Formasi Bojongmanik dan Formasi Serpong. Formasi Bojongmanik, tersusun oleh perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan batugamping. Formasi Serpong tersusun oleh perselingan konglomerat, batupasir, batulanau, batulempung dengan sisa tanaman, konglomerat batuapung, dan tuf batuapung [1]. Pada batas formasi terdapat lensa konglomerat alas yang terdiri dari material pasir kerikil tidak terkonsolidasi sebagai matriks dan batuan vulkanik basaltik sebagai fragmen [6].

Pada beberapa lokasi diketahui bidang ketidakselarasan antara Formasi Bojongmanik dan Formasi Serpong berupa *disconformity* erosi batulempung oleh lensa *point bar* (Gambar 2) [7]. Formasi Bojongmanik diinterpretasikan diendapkan pada lingkungan transisi, yaitu pada daerah pantai sampai laguna [8], dan hampir serupa pada lokasi penelitian di Serpong, Formasi Bojongmanik diinterpretasikan diendapkan pada lingkungan laguna sampai laut [7]. Formasi Bojongmanik secara umum berwarna abu gelap, tersusun atas perlapisan batulempung, batulanau, batupasir, dan batugamping [6].

Studi perbandingan yang dilakukan pada material geologi yang berasal dari lingkungan pengendapan fluvial, aluvial, eluvial, dan danau menghasilkan kesimpulan bahwa endapan danau

bersifat lebih ekspansif dibandingkan endapan lainnya, sedangkan endapan eluvial dan aluvial sangat bervariasi dalam sifat ekspansif dan mengkerutnya [9]. Studi pada endapan laut dangkal, dalam hal ini Formasi Bojongmanik, menunjukkan potensi ekspansif yang sangat bervariasi dari rendah sampai sangat tinggi yang dikontrol oleh komposisi kimia dan mineralogi endapan [10]. Lingkungan pengendapan tersebut memungkinkan terdapatnya mineral smektit (di antaranya monmorilonit) dan kaolinit yang akan jauh lebih banyak dari ilit, sedangkan semakin ke arah laut, ilit dan kaolinit akan semakin lebih banyak dari smektit [11].



Gambar 2. Kontak Erosi yang Menjadi Bidang Ketidakselarasan Formasi Bojongmanik dan Formasi Serpong [7].

3.2. Pengamatan Material Lempung di Lapangan

Pengamatan perkiraan kondisi lempung ekspansif juga dilakukan pada saat pengeboran. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada beberapa lubang bor, ketika metode pengeboran diubah dari pengeboran kering menggunakan *single tube core barrel* menjadi pengeboran basah dengan air pembilas menggunakan *triple tube core barrel*, pada selang waktu tertentu diketahui terjadi pendangkalan kembali lubang bor. Sebagai contoh, gejala tersebut terjadi pada lubang bor DH-02, tepatnya pada kedalaman 25-60 m yang

merupakan zona batulempung Formasi Bojongmanik. Selama selang waktu kurang lebih 12 jam (setelah selesai kegiatan pengeboran pada sore hari sampai ke esokan pagi harinya), terjadi pendangkalan dasar lubang bor mencapai ketebalan belasan meter (Gambar 3). Material tanah lempung naik dari dasar lubang pengeboran, kondisi tersebut bahkan terjadi setelah selubung pipa bor terpasang. Hal tersebut terjadi berulang pada zona batuan tersebut sehingga banyak waktu pekerjaan yang terbuang.



Gambar 3. Inti Bor Material Batuan Hasil Pengeboran Ulang pada Kedalaman yang Sama.

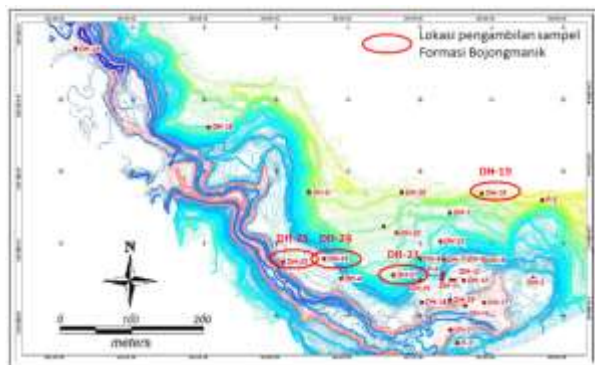
Berdasarkan pengamatan geologi di lapangan, terjadi beberapa kondisi keruntuhan tanah akibat longsor pada batulempung di jalan desa sekitar Kecamatan Gunung Sindur. Dilihat dari pergerakan bidang gelincir, yang merupakan bidang sirkular, dan adanya longsor-longsor seretan, diperkirakan terjadi kehilangan kuat geser yang signifikan pada batuan (Gambar 4). Kondisi lapangan memperlihatkan adanya jalur-jalur air sejajar bidang longsoran yang diperkirakan memengaruhi sifat kekuatan geser material tanah/batulempung.



Gambar 4. Longsor pada Badan Jalan Desa di Kecamatan Gunung Sindur.

3.3. Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium pada penelitian ini dilakukan pada 12 sampel tanah, yang terdiri dari 10 sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed sample/UDS*) dan 2 sampel tanah terganggu (*disturbed sample/DS*) yang berasal dari empat lubang bor (DH-19, DH-21, DH-24, dan DH-25) pada zona Formasi Bojongmanik di Kompleks Puspiptek, Serpong. Jenis analisis laboratorium yang dilakukan meliputi uji sifat fisik, uji potensi ekspansi, uji XRD, dan beberapa uji lain yang tidak akan digunakan dalam penelitian ini. Peta persebaran lubang bor dapat dilihat pada Gambar 5. Daftar sampel dan jenis analisis laboratorium yang dilakukan tercantum dalam Tabel 1.

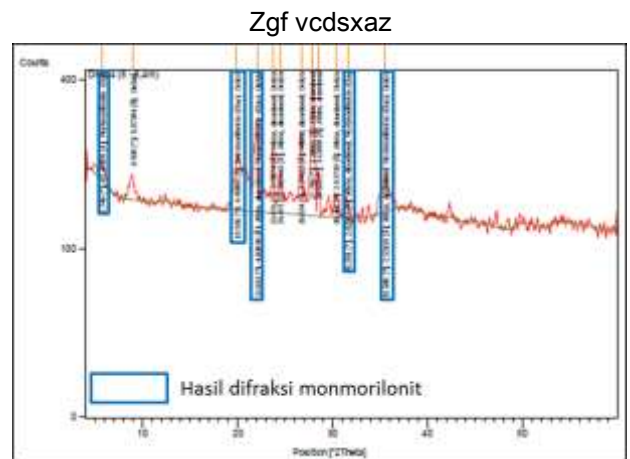


Gambar 5. Peta Persebaran Lubang Bor Kompleks Puspiptek Serpong.

Tabel 1. Daftar Sampel dan Analisis Laboratorium pada Zona Formasi Bojongmanik

Bor	Kedalaman (m)	Nama Sampel	Jenis Sampel	Litologi (Batuan Inti)	Analisis
DH- 19	16.00 - 16.35	BJ- 01	UDS	Batupasir lempungan	Sifat fisik, permeabilitas
	29.33 - 29.73	XRD- 01	DS	Batugamping pasiran	XRD
DH- 21	41.37- 42.00	XRD- 02	DS	Batupasir lempungan	XRD
	4.00 - 4.45	BJ- 02	UDS	Batulempungan pasiran	Sifat fisik, potensi ekspansif
DH- 24	6.00 - 6.30	BJ- 03	UDS	Batulempungan pasiran	Sifat fisik, triaksial CU
	8.00 - 8.40	XRD- 03	UDS	Batulempungan lauan	XRD
DH- 25	2.00 - 2.40	BJ- 04	UDS	Batulempungan pasiran	Sifat fisik, triaksial UU
	4.00 - 4.45	BJ- 05	UDS	Batulempungan pasiran	Sifat fisik, potensi ekspansif
	6.00 - 6.35	XRD- 04	UDS	Batulempungan pasiran	XRD
DH- 25	8.00 - 8.45	BJ- 06	UDS	Batulempungan lauan	Sifat fisik, triaksial CU
	10.00 - 10.40	BJ- 07	UDS	Batulempungan lauan	Sifat fisik, ketahanan tekang
	12.00 - 12.45	BJ- 08	UDS	Batupasir lempungan	Sifat fisik, triaksial CU

Metode difraksi sinar X (XRD) digunakan untuk mengidentifikasi mineral lempung dengan cara mengenali struktur kristal mineral yang mengacu pada Hukum *Bragg* serta dapat digunakan untuk menentukan jenis mineral selama mineral tersebut mempunyai bentuk kristal tertentu meskipun ukurannya sangat kecil [12]. Analisis XRD pada penelitian ini dilakukan secara kualitatif dan ditujukan untuk mengetahui keberadaan mineral-mineral lempung yang mempunyai sifat ekspansif. Berdasarkan jenis mineral, monmorilonit akan lebih ekspansif dari illit, begitu pula illit akan lebih ekspansif dari kaolinit [13][14]. Kandungan mineral monmorilonit terdapat pada sampel XRD-03 pada lubang pemboran DH-24 (Gambar 6) sedangkan pada sampel lainnya tidak terdapat kandungan mineral ekspansif (Tabel 2). Keberadaan monmorilonit dikontrol oleh aktivitas penyingkapan subaerial yang menyebabkan degradasi mineral mika [15].



Gambar 6. Grafik Difraksi Sinar X Sampel XRD-03

Tabel 2. Hasil Analisis XRD

Sampel	Senyawa
XRD- 01	Aragonit, Klinoptilolit- Ca, Lignit, Magadit, Fe- persulfida
XRD- 02	Pirit, Kuarsa, Nontronit, Albit
XRD- 03	Albit, Monmorilonit, Dikit
XRD- 04	Anortit, Dikit

Berdasarkan uji potensi ekspansi yang dilakukan pada sampel BJ-02 dan BJ-05 diperoleh hasil bahwa kedua sampel tidak memiliki potensi ekspansi. Hasil uji potensi ekspansif tercantum dalam Tabel 3.

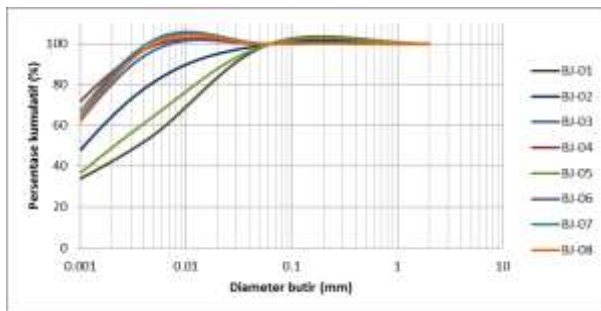
Tabel 3. Hasil Uji Potensi Ekspansi Sampel BJ-02 dan BJ-05

Bor	Kedalaman (m)	Nama Sampel	Uji Potensi Ekspansi	
			Tekanan Ekspansi (kg/cm ²)	Persentase Ekspansi (%)
DH- 19	16.00 - 16.35	BJ- 01		
DH- 24	4.00 - 4.45	BJ- 02		Tidak Ekspansif
	6.00 - 6.30	BJ- 03		
	2.00 - 2.40	BJ- 04		
	4.00 - 4.45	BJ- 05		Tidak Ekspansif
DH- 25	8.00 - 8.45	BJ- 06		
	10.00 - 10.40	BJ- 07		
	12.00 - 12.45	BJ- 08		

3.4. Analisis Distribusi Besar Butir Tanah

Analisis distribusi besar butir dilakukan pada sampel BJ-01 – BJ-08 (selain sampel XRD). Analisis dilakukan dengan cara membuat kurva persentase kumulatif dari data uji sifat fisik

granulometri. Hasil kurva persentase kumulatif besar butir dapat dilihat pada Gambar 7.

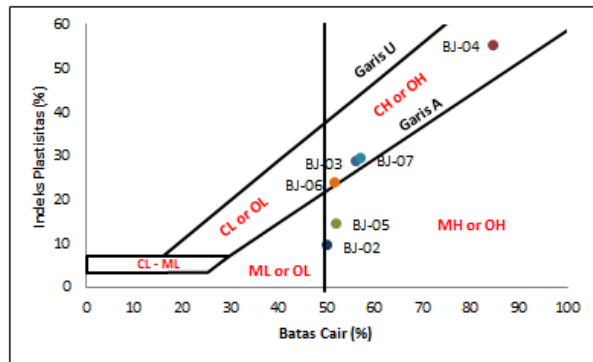


Gambar 7. Kurva Persentase Kumulatif Besar Butir Sampel Tanah Formasi Bojongmanik.

Berdasarkan analisis besar butir, sampel tanah Formasi Bojongmanik memiliki pola distribusi besar butir yang hampir sama dan fraksi butiran halus di atas 50% sehingga perlu diwaspadai tentang adanya potensi bahaya lempung ekspansif di area ini.

3.5. Analisis Klasifikasi Jenis Tanah menurut USCS

Analisis klasifikasi jenis tanah menurut *Unified Soil Classification System* (USCS), dilakukan dengan cara *plotting* data uji sifat fisik (batas cair pada sumbu x dan indeks plastisitas pada sumbu y) pada grafik plastisitas tanah. Perlu diketahui bahwa grafik plastisitas tanah hanya dapat digunakan untuk analisis klasifikasi tanah berukuran halus (lanau-lempung) sehingga sampel yang dapat di-*plot* datanya adalah sampel BJ-02 – BJ-07 (tanpa BJ-01 dan BJ-08). Hasil *plotting* data dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil klasifikasi jenis tanah tercantum dalam Tabel 4.



Gambar 8. Grafik Plastisitas Tanah yang Memuat Klasifikasi Jenis Tanah menurut USCS.

Tabel 4. Hasil Klasifikasi Jenis Tanah Formasi Bojongmanik menurut USCS

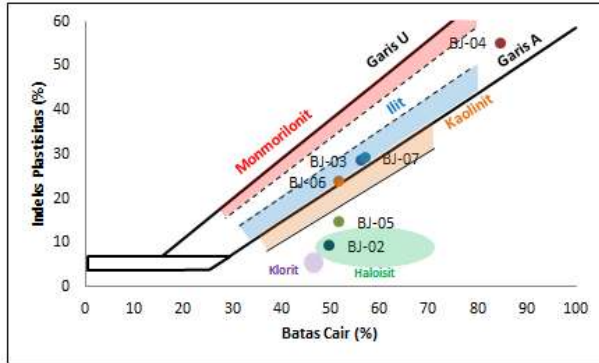
Bor	Kedalaman (m)	Nama Sampel	Litologi (Batuan Inti)	Jenis Tanah (USCS)	Deskripsi
DH-19	16.00 - 16.35	BJ-01	Batupasir lempungan	SC	Pasir lempungan, campuran pasir-lempung
DH-24	4.00 - 4.45	BJ-02	Batulempung pasir	MH	Lanau anorganik, tanah pasir/lanauan halus mikano/diatom, lanau elastis
	6.00 - 6.30	BJ-03	Batulempung pasir	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk
	2.00 - 2.40	BJ-04	Batulempung pasir	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk
	4.00 - 4.45	BJ-05	Batulempung pasir	MH	Lanau anorganik, tanah pasir/lanauan halus mikano/diatom, lanau elastis
DH-25	8.00 - 8.45	BJ-06	Batulempung lanauan	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk
	10.00 - 10.40	BJ-07	Batulempung lanauan	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk
	12.00 - 12.45	BJ-08	Batupasir lempungan	SC	Pasir lempungan, campuran pasir-lempung

Berdasarkan analisis klasifikasi jenis tanah menurut USCS, sampel tanah Formasi Bojongmanik didominasi oleh tanah jenis CH, yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi.

3.6. Analisis Perkiraan Kandungan Mineral Lempung

Analisis perkiraan kandungan mineral lempung dilakukan dengan cara yang sama dengan analisis klasifikasi jenis tanah menurut USCS yang telah dibahas di subbab sebelumnya. Hanya saja, pada analisis ini, grafik plastisitas tanah dimodifikasi sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan kandungan mineral lempung suatu sampel tanah. Modifikasi grafik plastisitas ini dikenal dengan Grafik

Casagrande [7]. Hasil *plotting* data dapat dilihat pada Gambar 9. Hasil perkiraan kandungan mineral lempung tercantum dalam Tabel 5.



Gambar 9. Grafik Casagrande yang Memuat Perkiraan Kandungan Mineral Lempung [16].

Tabel 5. Perkiraan Kandungan Mineral Lempung Sampel Tanah Formasi Bojongmanik

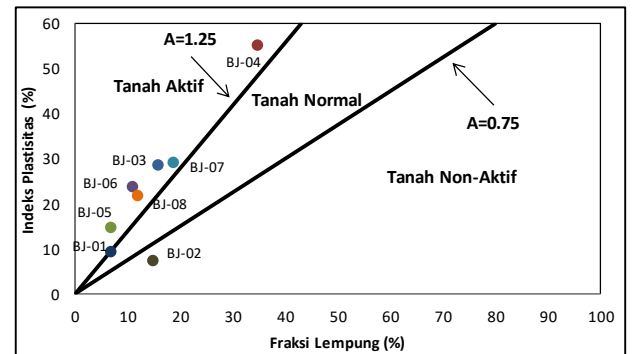
Bor	Kedalaman (m)	Nama Sampel	Litologi (Batuan Inti)	Perkiraan Kandungan Mineral Lempung
DH-19	16.00 - 16.35	BJ-01	Batu pasir lempungan	
DH-24	4.00 - 4.45	BJ-02	Batu lempung pasir	Haloisit
	6.00 - 6.30	BJ-03	Batu lempung pasir	Iilit
	2.00 - 2.40	BJ-04	Batu lempung pasir	Iilit - Monmorilonit
	4.00 - 4.45	BJ-05	Batu lempung pasir	Haloisit - Kaolinik
DH-25	8.00 - 8.45	BJ-06	Batu lempung lanauan	Kaolinik - Iilit
	10.00 - 10.40	BJ-07	Batu lempung lanauan	Iilit
	12.00 - 12.45	BJ-08	Batu pasir lempungan	

Berdasarkan analisis perkiraan kandungan mineral lempung, mayoritas sampel tanah Formasi Bojongmanik berada di area Iilit – monmorilonit pada Grafik Casagrande. Iilit – monmorilonit memiliki kemampuan untuk mengikat air sehingga memungkinkan adanya potensi ekspansi tanah.

3.7. Analisis Klasifikasi Tanah berdasarkan Aktivitas

Analisis klasifikasi tanah berdasarkan aktivitas dilakukan dengan cara *plotting* data uji sifat fisik fraksi lempung dan indeks plastisitas (Gambar 10). Klasifikasi tanah berdasarkan aktivitas tercantum dalam Tabel 6 [14]. Hasil

klasifikasi sampel tanah Formasi Bojongmanik berdasarkan aktivitasnya tercantum dalam Tabel 7.



Gambar 10. Hasil *Plotting* Data untuk Analisis Klasifikasi Tanah berdasarkan Aktivitas.

Tabel 6. Klasifikasi Tanah berdasarkan Aktivitas [14]

Aktivitas (f)	Klasifikasi
<0.75	Non-aktif
0.75 - 1.25	Normal
>1.25	Aktif

Tabel 7. Hasil Klasifikasi Sampel Tanah Formasi Bojongmanik berdasarkan Aktivitasnya

Sampel	FL (%)	IP (%)	Aktivitas Tanah
BJ-01	15	6.9	Normal
BJ-02	7	9.1	Non-aktif
BJ-03	16	28.3	Aktif
BJ-04	35	55	Aktif
BJ-05	7	14.3	Aktif
BJ-06	11	23.5	Aktif
BJ-07	19	29	Aktif
BJ-08	12	21.5	Aktif

Berdasarkan analisis klasifikasi tanah berdasarkan aktivitas, hampir seluruh sampel tanah Formasi Bojongmanik bersifat aktif.

3.8. Analisis Klasifikasi Derajat Ekspansi Tanah

Analisis klasifikasi derajat ekspansi tanah dapat dilakukan dengan cara yang sederhana, yaitu dengan menggunakan sifat fisik batas cair dan indeks plastisitas. Klasifikasi derajat ekspansi tanah berdasarkan batas cair dan indeks plastisitas

[17] tercantum dalam Tabel 8 dan Tabel 9. Hasil klasifikasi derajat ekspansi sampel tanah Formasi Bojongmanik berdasarkan batas cair dan indeks plastisitas tercantum dalam Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 8. Klasifikasi Derajat Ekspansi berdasarkan Batas Cair [17]

Derajat ekspansi	Batas Cair (%) (IS 1498)
Rendah	20- 35
Sedang	35- 50
Tinggi	50- 70
Sangat Tinggi	70- 90

Tabel 9. Klasifikasi Derajat Ekspansi berdasarkan Indeks Plastisitas [17]

Derajat ekspansi	Indeks Plastisitas (%) (IS 1498)
Rendah	<12
Sedang	12- 23
Tinggi	23- 32
Sangat Tinggi	>32

Tabel 10. Klasifikasi Derajat Ekspansi Sampel Tanah Formasi Bojongmanik berdasarkan Batas Cair

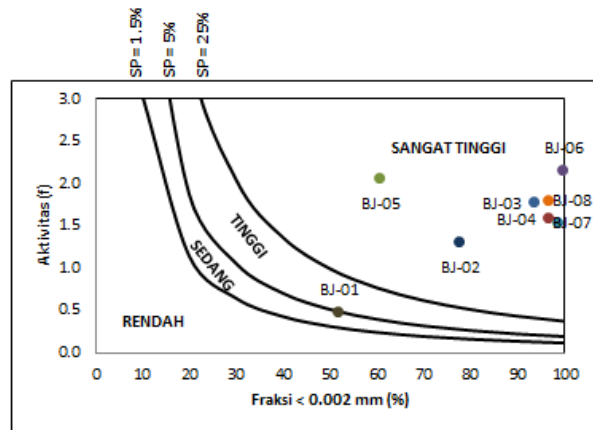
Bor	Kedalaman (m)	Nama Sampel	Batas Cair (%)	Derajat ekspansi (IS 1498)
DH- 19	16.00 - 16.35	BJ- 01	44.40	Sedang
DH- 24	4.00 - 4.45	BJ- 02	50.30	Tinggi
	6.00 - 6.30	BJ- 03	56.40	Tinggi
	2.00 - 2.40	BJ- 04	84.90	Sangat tinggi
	4.00 - 4.45	BJ- 05	52.20	Tinggi
	8.00 - 8.45	BJ- 06	52.10	Tinggi
DH- 25	10.00 - 10.40	BJ- 07	57.50	Tinggi
	12.00 - 12.45	BJ- 08	48.80	Sedang

Selain dengan klasifikasi di atas, klasifikasi derajat ekspansi tanah juga dapat dilakukan dengan cara yang sama dengan analisis klasifikasi tanah berdasarkan aktivitas yang telah dibahas di subbab sebelumnya. Hanya saja, kurva yang digunakan untuk klasifikasi berbeda formula. Hasil *plotting* data dapat dilihat pada Gambar 11. Dengan menggunakan analisis klasifikasi potensi

ekspansif tanah (Tabel 12) [18] diperoleh hasil yang tercantum dalam Tabel 13.

Tabel 11. Klasifikasi Derajat Ekspansi Sampel Tanah Formasi Bojongmanik berdasarkan Indeks Plastisitas

Bor	Kedalaman (m)	Nama Sampel	Indeks Plastisitas (%)	Derajat ekspansi (IS 1498)
DH- 19	16.00 - 16.35	BJ- 01	6.90	Rendah
DH- 24	4.00 - 4.45	BJ- 02	9.10	Rendah
	6.00 - 6.30	BJ- 03	28.30	Tinggi
	2.00 - 2.40	BJ- 04	55.00	Sangat tinggi
	4.00 - 4.45	BJ- 05	14.30	Sedang
	8.00 - 8.45	BJ- 06	23.50	Tinggi
DH- 25	10.00 - 10.40	BJ- 07	29.00	Tinggi
	12.00 - 12.45	BJ- 08	21.50	Sedang



Gambar 11. Hasil *Plotting* Data untuk Analisis Klasifikasi Potensi Ekspansif Tanah [18].

Tabel 12. Klasifikasi Derajat Ekspansi Tanah [18]

Potensi ekspansi (%)	Derajat ekspansi
>25	Sangat tinggi
5 - 25	Tinggi
1.5 - 5	Sedang
0 - 15	Rendah

Berdasarkan beberapa analisis klasifikasi derajat ekspansi di atas, mayoritas sampel tanah Formasi Bojongmanik memiliki potensi ekspansi tinggi – sangat tinggi.

Tabel 13. Hasil Klasifikasi Derajat Ekspansi Sampel Tanah Formasi Bojongmanik

Sampel	FH (%)	A (f)	Derajat ekspansi
BJ-01	52	0.46	Sedang
BJ-02	78	1.30	Sangat Tinggi
BJ-03	94	1.77	Sangat Tinggi
BJ-04	97	1.57	Sangat Tinggi
BJ-05	61	2.04	Sangat Tinggi
BJ-06	100	2.14	Sangat Tinggi
BJ-07	99	1.53	Sangat Tinggi
BJ-08	97	1.79	Sangat Tinggi

4. KESIMPULAN

Formasi Bojongmanik yang diendapkan di lingkungan transisi (laguna-laut) memiliki potensi tanah ekspansif yang sangat bervariasi dari rendah sampai sangat tinggi. Teridentifikasi adanya gejala lempung ekspansif berupa pendangkalan lubang bor pada saat kegiatan investigasi geoteknik di Kompleks Puspiptek, Serpong dan tanah longsor di Kecamatan Gunung Sindur. Analisis XRD menunjukkan adanya mineral lempung ekspansif monmorilonit di sampel XRD-03. Uji tekanan ekspansif menunjukkan tidak adanya potensi ekspansi pada sampel BJ-02 dan BJ-05. Fraksi butiran halus di atas 50% dan sortasi yang tinggi membuat Formasi Bojongmanik perlu diwaspadai memiliki potensi tanah ekspansif. Dalam klasifikasi USCS, Formasi Bojongmanik didominasi tanah berjenis CH (lempung anorganik dengan plastisitas tinggi). Dalam Grafik Casagrande, Formasi Bojongmanik memiliki kandungan ilit-monmorilonit yang dominan. Menurut aktivitasnya, hampir seluruh sampel tanah Formasi Bojongmanik

tergolong tanah aktif. Dalam klasifikasi potensi ekspansi, Formasi Bojongmanik memiliki derajat ekspansi tinggi – sangat tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada Kepala PTBGN pada saat penelitian ini dilaksanakan yaitu Ir. Agus Sumaryanto M.L.M., dan Kepala PTBGN saat ini Ir. Yarianto S.B.S., M.Si. yang memungkinkan dituliskannya penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

- [1] T. Turkandi, dkk, "Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu, Jawa." Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1992.
- [2] A. Yuliyanti, dkk, "Pengaruh Lempung Ekspansif Terhadap Potensi Amblesan Tanah di Daerah Semarang," *Ris. Geol. dan Pertamb.*, vol. 22, no. 2, pp. 93–104, 2012.
- [3] R. Yuliet, dkk, "Uji Potensi Mengembang pada Tanah Lempung dengan Metoda Free Swelling Test," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 25–36, 2011.
- [4] R. A. Bella, dkk, "Identifikasi Kerusakan Konstruksi Akibat Potensi Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif Di Desa Oebelo," vol. IV, no. 2, pp. 195–208, 2015.
- [5] R. G. Yahya, "Akibat Tanah Mengembang," *J. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 1, pp. 63–74, 2015.
- [6] H. Syaeful, D. Kamajati, A. G. Muhammad, and N. Madyaningarum, "Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir 2015," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir 2015*, 2015, vol. 1, no. Oktober, pp. 435–445.
- [7] H. Syaeful and A. G. Muhammad, "Interpretasi Lingkungan Pengendapan Formasi Batuan Menggunakan Analisis Elektrofases di Lokasi Tapak Puspiptek Serpong, Serpong," *Eksplorium*, vol. 38, no. 1, pp. 29–42, 2017.
- [8] S. Martodjojo, *Evolusi Cekungan Bogor, Jawa Barat*. ITB Bandung, 2003.
- [9] B. Shi, et.al, "Engineering Geological Characteristics of Expansive Soils in China," *Eng. Geol.*, vol. 67, pp. 63–

71, 2002.

- [10] A. Abdullah, et.al, "Mineralogical and Chemical Compositions of Shallow Marine Clays, East of Cairo, Egypt: A Geotechnical Perception," *J. King Abdulaziz Univ. Sci.*, vol. 20, no. 1, pp. 141–166, 2009.
- [11] M. Inglès and E. Ramos-Guerrero, "Sedimentological control on the clay mineral distribution in the marine and non-marine Palaeogene deposits of Mallorca (Western Mediterranean)," *Sediment. Geol.*, vol. 94, no. 3–4, pp. 229–243, 1995.
- [12] A. Yuliyanti, dkk, "Pengaruh Lempung Ekspansif Terhadap Potensi Amblesan Tanah Di Daerah Semarang," *J. Ris. Geol. dan Pertamb.*, vol. 22, no. 2, p. 91, 2012.
- [13] M. Mohammed Cherif, et.al, "Effect of swelling mineral on geotechnical characteristics of clay soil," *MATEC Web Conf.*, vol. 149, p. 2067, 2018.
- [14] A. W. Skempton, "The Colloidal 'Activity' of Clays," in *Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 1953, pp. 57–61.
- [15] P. Dinis and A. F. Soares, "Controlling factors on clay mineral assemblages: Insights from facies analysis of Pliocene to Pleistocene coastal margin deposits, Western Portugal," *Geol. Acta*, vol. 5, no. 2, pp. 177–192, 2007.
- [16] R. D. Holtz and W. D. Kovacs, *An Introduction to Geotechnical Engineering*, vol. 1. 1981.
- [17] A. Sridharan and K. Prakash, "Classification procedures for expansive soils," *Proc. Inst. Civ. Eng. - Geotech. Eng.*, vol. 143, no. 4, pp. 235–240, 2009.
- [18] H. B. Seed, R. J. Woodward, and R. Lundgren, "Prediction of swelling potential for compacted clays," *Soil Mech. Foundattion Enggineering Div.*, vol. 88, no. 3, pp. 53–87, 1962.