

## Karakteristik Endapan di Sekitar Kali Serang Kulon Progo, Yogyakarta

Winarti

Program Studi Magister Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi: [winarti@itny.ac.id](mailto:winarti@itny.ac.id)

### ABSTRAK

DAS Serang yang terdiri dari sungai utama (Kali Serang) dan anak sungainya berhulu dari Perbukitan Menoreh dan bermuara ke Samudera Hindia. Kali Serang pada bagian hilir mempunyai topografi datar dan berpotensi untuk dikembangkan sebagai destinasi wisata. Selain itu juga idial untuk dikembangkan fasilitas pelayanan publik. Di sekitar Kali Serang terdapat endapan sedimen (aluvium) berukuran kerakal, pasir, lanau dan pasir. Endapan yang paling dominan adalah berukuran lempung dan pasir halus. Tujuan penelitian adalah menentukan karakter endapan di sekitar Kali Serang bagian hilir, apakah endapan tersebut bersifat ekspansif atau tidak. Sampel endapan diambil pada kedalaman meter dengan melakukan pemboran tangan. Analisis sampel dengan metode *X-Ray Diffraction* (XRD). Pengamatan secara megaskopis menunjukkan endapan berwarna coklat tua sampai kehitaman, bersifat basah, tidak kompak, lengket, berukuran lempung bercampur pasir halus dan terdapat cangkang foraminifera besar. Hasil analisis XRD dengan *glycol oriented* teridentifikasi adanya jenis lempung Nantronit-15A dan Nakrite-2. Kehadiran Nantronit-15A lebih banyak dibandingkan Nakrit-2. Nantronit-15A termasuk kelompok smektit (montmorillonit) yang bersifat dapat mengadsorpsi air dan memiliki kembang-susut yang tinggi (ekspansif). Nakrit-2 mempunyai sistem kristal monoklin, termasuk kelompok kaolinit dan memiliki kapasitas kembang-susut rendah (tidak ekspansif). Distribusi Nantronit-15A yang lebih banyak dibandingkan Nakrit-2, sehingga karakter endapan cenderung bersifat ekspansif. Endapan yang bersifat ekspansif akan beresiko jika didirikan bangunan. Untuk itu upaya perbaikan (stabilisasi) tanah harus dilakukan.

Kata kunci: XRD, Lempung, Ekspansif, *Glycol*

### ABSTRACT

The Serang watershed includes the main river (Kali Serang) and its tributaries, which flow into the Indian Ocean from the Menoreh Hills and estuary. The Serang River downstream has a flat topography and has the potential to be developed as a tourist destination. Furthermore, it is ideal for the development of public service facilities. Sediment deposits (alluvium) of gravel, sand, silt, and sand surround the Serang River. Clay and fine sand are the most common deposits. The purpose of the study was to determine the type of sediment surrounding the Serang River downstream and whether it was expansive or not. A hand borehole was used to collect sediment samples at a depth of 4 meters. The X-Ray Diffraction (XRD) method for sample analysis The sediment was dark brown to black in color, wet, not compacted, sticky, and sized with clay mixed with fine sand and large foraminifera shells, as per megascopic observations. XRD analysis with glycol oriented revealed the presence of Nantronit-15A and Nakrite-2 clay types. The presence of Nantronit-15A is greater than Nakrit-2. Nantronite-15A is a part of the smectite (montmorillonite) group, which can absorb water and has a high swelling-shrinkage proportion (expansive). Nakrit-2 has a monoclinic crystal system, is a part of the kaolinite group, and has a low swelling-shrink capacity (not expansive). Because the distribution of Nantronite-15A is greater than that of Nakrit-2, the sample has a more expansive character. Extensive deposits will be at risk if a building is constructed. As a consequence, efforts must be made to enhance (stabilize) the soil.

Keywords: XRD, Clay, Expansive, *Glycol*

### 1. PENDAHULUAN

Kali Serang merupakan salah satu sungai yang ada di wilayah Kulon Progo yang berhulu dari Perbukitan Menoreh (bagian dari Pegunungan Serayu Selatan paling timur) dan bermuara ke Samudera Hindia. Kali Serang mempunyai beberapa anak sungai diantaranya Sungai Jonggrangan, Cede, Ngrancah dan Papah. Kali Serang dan anak sungainya termasuk ke dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Serang [1]. DAS Serang bagian hulu mempunyai fungsi sebagai pemasok air di Waduk Sermo dan pemasok air untuk irigasi Kali Bawang. Pada bagian hilir, DAS Serang berpotensi untuk dikembangkan sebagai lokasi wisata [1]. Akan tetapi DAS Serang pada bagian hilir dapat memicu banjir seperti di daerah Temon, karena pada daerah tersebut umumnya mempunyai topografi datar. Walaupun demikian daerah dengan topografi datar hingga miring, berpotensi untuk dikembangkan menjadi daerah yang mudah diakses dan memungkinkan untuk dikembangkan fasilitas pelayanan publik [1].

Secara umum daerah di sekitar Kali Serang khususnya bagian hilir termasuk daerah yang tidak sulit air atau daerah dengan air tanah yang produktif [2]. Daerah tersebut tersusun oleh aluvium berupa kerakal, pasir, lanau dan lempung, sehingga mudah untuk mendapatkan air tanah. Berdasarkan kajian geolistrik, daerah Pantai Glagah (hilir Kali Serang bagian selatan) terbagi menjadi 3 jenis akuifer, yakni akuifer atas tersusun oleh pasir kerikil mempunyai kedalaman 16,47 m, akuifer tengah tersusun oleh pasir dengan kedalaman 12,13 m dan akuifer bawah tersusun oleh pasir lempungan dengan kedalaman 46 m [3]. Endapan aluvial tersebut ditopang oleh batugamping dari Formasi Sentolo [3].

Mineral lempung di Pegunungan Kulon Progo diprediksi menjadi memicu terjadinya longsor. Hal itu diperkuat dengan ditemukannya mineral lempung dari jenis kaolinit (70,64%), smektit/montmorillonit (15,12%), hallit (4,33%), illit (2,99%), kuarsa (2,91%), kristabolit (2,28%), feldspar (1,34%) dan geothit (0,39%) [4]. Tipe kaolinit dan smektit merupakan jenis lempung yang dijumpai paling dominan. Smektit mempunyai sifat mengabsorpsi air yang cukup banyak, sehingga dapat memicu terjadinya longsor. Kelompok smektie (montmorillonit, bentonit) mempunyai sifat mengembang dan tanah yang mengandung jenis lempung tersebut dinamakan sebagai tanah ekspansif [5].

Secara umum endapan di sekitar Kali Serang berupa sedimen berukuran lempung dan pasir halus. Tujuan penelitian adalah menentukan karakter endapan yang ada di sekitar Kali Serang di bagian hilir. Apakah endapan tersebut bersifat ekspansif atau tidak. Untuk mengetahui karakternya, maka sampel endapan yang diambil dengan melakukan pemboran tangan (*auger bor*) dianalisis menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Mengingat lokasi daerah penelitian relatif dekat dengan Pegunungan Kulon Progo, maka identifikasi endapan secara detail perlu dilakukan. Di Pegunungan Kulon Progo teridentifikasi adanya Formasi Nanggulan yang tersusun oleh batulempung, batupasir, batupasir kuarsa dengan perselingan batulempung karbonatan [6].

## 2. METODE PENELITIAN

Agar tujuan penelitian dapat tercapai, maka dipergunakan metode analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk melakukan analisis sampel endapan di laboratorium. Hal ini didasarkan karena endapan di sekitar Kali Serang banyak mengandung sedimen berukuran halus. Analisis XRD merupakan jenis analisis yang dilakukan untuk mengetahui fasa atau senyawa pada material dengan cara mengidentifikasi karakteristik struktur dan ukuran kristal, sehingga dapat dibedakan antara material yang bersifat kristal dan amorf. Metode ini sangat efektif dan akurat untuk menentukan jenis mineral lempung. Analisis XRD yang dipergunakan berupa *glycol oriented*, yaitu dengan menambahkan larutan *glycol*.

Beberapa jenis mineral lempung akan mengalami perubahan atau menunjukkan ciri tertentu ketika diberi larutan *glycol* seperti untuk mengidentifikasi klorit, kaolinit, illit, smektit-illit dan illit-vermikulit [7]. Klorit yang menunjukkan *strong peak*  $\sim 14 \text{ \AA}$  tidak akan mengalami perubahan walaupun diberi *glycol* akan tetapi intensitasnya meningkat bila dipanaskan sampai  $550^\circ\text{C}$ . Kaolinit dengan ciri *strong peak*  $7 \text{ \AA}$ , juga tidak menunjukkan perubahan pada saat diberi larutan *glycol* dan akan hancur apabila dipanaskan pada suhu  $550^\circ\text{C}$ . Illit merupakan jenis lempung mempunyai struktur satuan kristalnya 2:1, umumnya mempunyai *strong peak* pada  $\sim 10 \text{ \AA}$  dan tidak berubah apabila preparat diberi *glycol* ataupun dipanaskan. Smektit-illit dengan *strong peak*  $10-14 \text{ \AA}$  akan mengembang lebih besar bila diberi *glycol*. Smektit-klorit mempunyai *strong peak*  $14-15,5 \text{ \AA}$  dan menjadi lebih besar ( $14-18 \text{ \AA}$ ) saat diberi *glycol*. Illit-vermikulit dengan *strong peak*  $10-14 \text{ \AA}$  tidak mengalami perubahan saat diberi larutan *glycol*.

Prinsip dasar analisis XRD adalah dengan mendifraksi sinar-X. Difraksi dapat terjadi apabila terjadi interaksi antara sinar-X dengan atom yang tersusun dalam sistem kristal [8]. Sinar-X yang berinteraksi dengan atom, maka sebagian berkas akan diabsorpsi, didifraksi dan dihampurkan. Sinar-X yang terkarakterisasi struktur dan ukuran kristalnya akan terdetek oleh alat XRD dan diterjemahkan sebagai puncak difraksi artinya berkas sinar-X yang saling menguatkan [8]. Semakin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, maka akan semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan. Tiap puncak yang muncul pada pola difraktogram mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang diperoleh dari data pengukuran akan dicocokkan dengan standar difraksi Sinar-X dari semua jenis bahan. Berdasarkan difraksi Sinar-X diperoleh 3 karakter yaitu posisi puncak, intensitas dan bentuk puncak difraksi [9]. Posisi puncak difraksi menggambarkan parameter kisi, jarak antar bidang, struktur kristal dan orientasi sel satuan, sedangkan intensitas puncak difraksi menggambarkan posisi atom dalam sel satuan. Adapun bentuk puncak difraksi menggambarkan ukuran kristal dan ketidaksempurnaan kisi.

Mineral lempung umumnya mempunyai sifat khusus yaitu mengembang (*swelling*) seperti kelompok smektit (montmorillonit, saponit, beidellit) dan sifat menyusut (*shrinkage*) yang disebabkan karena perubahan kadar air yang terkandung di dalamnya [10]. Secara umum mineral lempung dikelompokkan menjadi 3 grup yaitu yaitu kaolinit, smectite (montmorillonit) dan illit [11].

### a. Kelompok Kaolinit

Kaolinit disebut sebagai mineral lempung 1:1, merupakan mineral silikat berlapis tunggal, berwujud seperti lempengan tipis dengan diameter  $1000-20.000 \text{ \AA}$  dengan ketebalan  $100-1000 \text{ \AA}$ . Kaolinit umumnya

mempunyai kapasitas mengembang dan menyusut rendah, sehingga tidak dapat mengabsorpsi air dan kapasitas tukar kation rendah (3-15 meq/100gr). Jenis lempung ini umumnya terbentuk dari endapan residual. Di antara kelompok kaolinit terdapat mineral halloysite.

b. Kelompok Montmorillonit (smektit)

Montmorillonit disebut juga sebagai mineral lempung 2:1, struktur kristalnya tersusun oleh satu lempeng  $Al_2O_3$  di antara dua lempeng  $SiO_2$ . Mempunyai ketebalan 10-18 Å dan kapasitas tukar kation rendah (70-80 meq/100gr). Montmorillonit mempunyai sifat mengembang bila basah dan menyusut bila kering serta mempunyai muatan negatif (*negative charge*). Montmorillonit dapat ditemukan dalam tanah bentonit.

c. Kelompok Illit

Illit terdiri dari satu lapisan alumina antara dua lapisan silika, tebal satu satuan unit 10 Å dan kapasitas tukar kation rendah (10-40 meq/100gr). Struktur satuan kristalnya 2:1. Jenis mineral ini mempunyai sifat tidak mengembang.

Sampel endapan yang dianalisis dengan XRD diambil pada kedalaman 4 meter dengan melakukan pemboran dangkal. Alat yang dipergunakan adalah *auger bor* (Gambar 1). Tujuan pengambilan sampel pada kedalaman 4 meter adalah agar sampel representatif dan tidak terpengaruh oleh faktor eksternal, misalnya tercampur dengan endapan permukaan. Lokasi pengambilan sampel berada pada koordinat E: 0399368 N: 9126166 (Gambar 2).



Gambar 1. Auger bor yang dipergunakan untuk mengambil sampel endapan



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel endapan

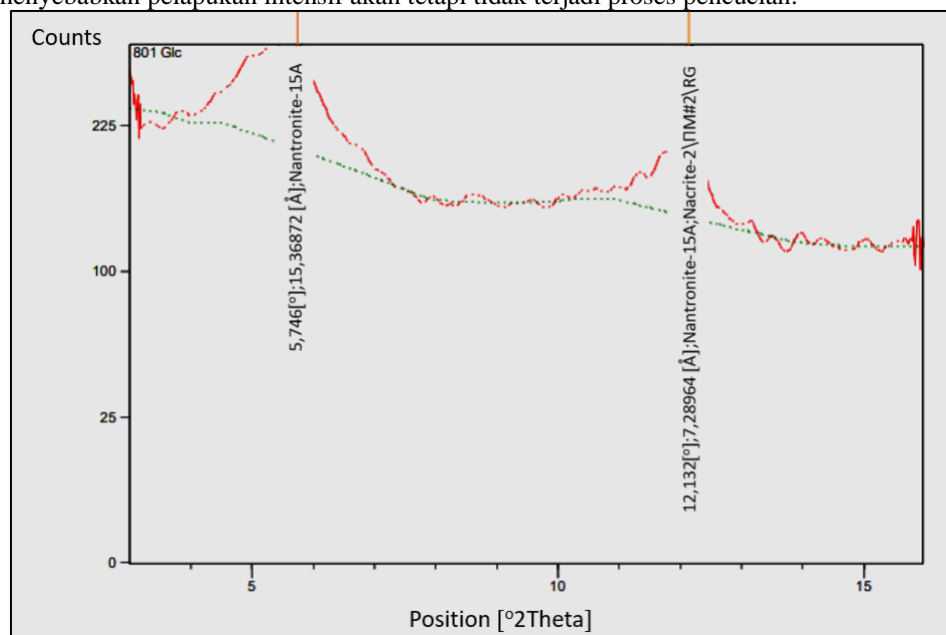
### 3. HASIL DAN ANALISIS

Sampel yang diperoleh dari pemboran dangkal (Gambar 3) dapat identifikasi secara megaskopis sebagai berikut: warna coklat tua sampai kehitaman, bersifat basah, tidak kompak, lengket, berukuran lempung bercampur pasir halus dan terdapat cangkang fosil (foraminifera besar). Kehadiran lempung lebih dominan dibandingkan pasir halus.



Gambar 3. Endapan lempung dengan campuran pasir halus hasil pada kedalaman 4 m ditandai dengan adanya foraminifera besar yang melimpah

Berdasarkan hasil analisis XRD dengan *glycol oriented* diketahui jika jenis lempung yang ada di sepanjang Kali Serang termasuk jenis Nantronit-15A ( $\text{Na}_{0,3}\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) dan Nakrite-2 ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ). Rekaman spektrum dari sampel endapan dengan *glycol oriented* disajikan pada Gambar 4. Pada sajian gambar tersebut menunjukkan jika kehadiran Nantronit-15A lebih banyak dibandingkan Nakrite-2. Nantronit-15A mempunyai komposisi kimia yang terdiri  $\text{Fe}_2\text{HAl}_3$  (lebih dari ~30%) dan  $\text{Al}_2\text{HAl}_3$  (kurang dari ~12%). Jenis lempung ini termasuk ke dalam kelompok smektit (montmorillonit). Secara umum kelompok smektit (montmorillonite) memiliki sifat dapat mengadsorpsi air, sehingga mempunyai sifat kembang-susut yang tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya pertukaran kation yang cukup tinggi, sehingga sangat reaktif terhadap lingkungan. Nantronit umumnya terbentuk dari pelapukan dari biotit atau basal yang juga kaya zat besi dan silikon. Kelompok smektit (montmorillonit) umumnya terbentuk pada daerah dengan curah hujan cukup tinggi, sehingga menyebabkan pelapukan intensif akan tetapi tidak terjadi proses pencucian.



Gambar 4. Rekaman spektrum dengan *glycol oriented* dari lempung bercampur pasir halus

Selain itu smektit (montmorillonit) dapat terbentuk pada daerah dengan drainase yang terhambat dan suhu tinggi, sehingga dapat menunjang proses pelapukan yang semakin intensif [11]. Kandungan foraminifera

besar yang melimpah mengindikasikan jika endapan terbentuk pada lingkungan pengendapan pada daerah transisi (antara darat dan laut). Pada daerah transisi sistem drainase dapat terhambat, karena merupakan daerah pasang surut. Air permukaan yang tidak dapat mengalir dengan cepat menyebabkan tingkat pelapukan yang tinggi. Tanah dengan sifat kembang-susut tinggi dapat dikatakan sebagai tanah dengan sifat ekspansif.

Nakrit-2 dengan komposisi kimia  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  (Aluminum Silicate Hydroxide) mempunyai sistem kristal monoklin dan dikelompokkan ke dalam kelompok kaolinit. Jenis lempung ini terbentuk dari mineral silikat berlapis yang memiliki kapasitas kembang-susut rendah, sehingga tidak dapat mengabsorpsi air dan kapasitas tukar kation rendah. Tanah dengan sifat kembang-susut rendah dikatakan sebagai tanah dengan sifat tidak ekspansif. Dengan melihat distribusi jenis lempung Nantronit-15A yang lebih banyak dibandingkan jenis lempung Nakrit-2, maka karakter endapan (lempung bercampur pasir halus) pada kedalaman 4 meter yang ada di daerah penelitian lebih bersifat ekspansif.

Tanah ekspansif akan beresiko jika di atasnya didirikan bangunan. Sifat kembang-susut tanah yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan, jika tidak dilakukan perbaikan (stabilisasi tanah). Untuk itu, apabila di sekitar daerah Kali Serang nantinya akan dibangun infrastruktur atau didirikan bangunan, maka diperlukan upaya untuk memperbaiki tanah khususnya pada kedalaman 4 meter. Beberapa upaya untuk memperbaiki tanah ekspansif diantaranya dengan menambahkan kapur sebagai campuran (*soil lime*) [12], [13]. Metode lain untuk memperbaiki tanah yaitu dengan menambahkan larutan Soda Kaustik (NaOH), Asam Fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), Natrium Clorida (NaCl) dan penambahan zat adiktif lainnya [12], [14], [15]. Perbaikan tanah juga dapat dilakukan dengan melakukan *re-gradation*, yaitu pencampuran tanah asli yang bersifat ekspansif dengan tanah pencampur (tidak ekspansif) dengan cara mengaduk (*mixing*) [12].

#### 4. KESIMPULAN

Kali Serang bagian hilir yang mempunyai topografi relatif datar, terdapat endapan yang didominasi lempung. Berdasarkan pada jenisnya, maka lempung ada yang bersifat ekspansif dan tidak ekspansif. Pada daerah yang tersusun oleh lempung ekspansif, akan beresiko jika di atasnya didirikan suatu bangunan. Untuk memastikan jenis lempung di sekitar Kali Serang, maka dilakukan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD). Berdasarkan hasil analisis XRD dengan *glycol oriented*, maka sampel yang diambil pada kedalaman 4 meter diketahui terdapat jenis lempung Nantronit-15A ( $\text{Na}_{0,3}\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) dan Nakrite-2 ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ). Hadirnya Nantronit-15A dijumpai lebih banyak dibandingkan Nakrite-2. Nantronit-15A mempunyai sifat kembang-susut yang tinggi (ekspansif), sedangkan Nakrite-2 mempunyai sifat kembang-susut yang rendah (tidak ekspansif). Secara umum endapan di sekitar Kali Serang bersifat ekspansif. Untuk menetralkan jenis lempung ekspansif, maka diperlukan upaya perbaikan (stabilisasi) dengan beberapa cara, diantaranya dengan menambah kapur, menambahkan zat adiktif (Soda Kaustik, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Natrium Clorida) atau dengan melakukan *re-gradation*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saritohadi J. Widyatmanti W. Kajian Penataan DAS Serang Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Prosiding Lokakarya "Sistem Informasi Pengelolaan DAS: Inisiatif pengembangan Infrastruktur Data"*. Bogor. 2007.
- [2] Hendrayana H. Riyanto IA. Nuha A. Study of Water Difficulty Area in Kulon Progo Regency Special Region of Yogyakarta. *La Geografia*. 2021; Vol. 19(2): 175-192.
- [3] Wilopo W. Ferardi FD. Hidrogeologi Pantai Glagah-Pantai Congot, Kecamatan Temon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-8 Academia-Industry*. Yogyakarta. 2015; 768-777.
- [4] Priyono KD. Kajian Mineral Lempung Pada Kejadian Bencana Longsoran Lahan di Pegunungan Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Forum Geografi*. 2012; Vol. 26(1): 53-64.
- [5] Utami DN. Kajian Jenis Mineral Lempung dan Implikasinya Dengan Gerakan Tanah. *Jurnal Alami*. 2018; Vol. 2(2): 87-97.
- [6] Winarti. Rizqi AHF. Sukiyah E. Nanggulan formation as a roof pendant at the central part of Kulon Progo Mountains, Yogyakarta, Indonesia. *Songklanakar J. Sci. Technol*. 2022; Vol. 44(3): 752-759.
- [7] Silaban MSP. Studi Mineral Lempung Hidrotermal Dan Aplikasinya Untuk Operasi Pemboran Panasbumi (Studi Kasus: Prospek Panasbumi Ulubelu, Lampung). *Proceeding Of The 5th Inaga Annual Scientific Conference & Exhibitions*. Yogyakarta. 2001
- [8] Maghfury TI. *Analisis X-Ray Diffraction (Xrd) Pada Brazing Aluminium Seri 1000 Dan Stainless Steel Seri 304 Dengan Penambahan Serbuk Tembaga*. Skripsi.T. Mesin, UMY: 2020.
- [9] Munasir. Triwikantoro. Zainuri M. Darminto. Uji Xrd Dan Xrf Pada Bahan Meneral (Batuan Dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas ( $\text{CaCO}_3$  DAN  $\text{SiO}_2$ ). *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*. 2012; Vol. 2(1): ISSN: 2087-9946
- [10] Ginanjar R. Sadisun IA. Karakteristik Geoteknik Mineral Lempung Pada Terowongan Tambang Bawah Tanah Ciurug Level, 600, Pongkor, Jawa Barat. *Bulletin of Geology*. 2019; Vol. 3(1): 328-332.
- [11] Utami DN. Kajian Jenis Mineral Lempung dan Implikasinya Dengan Gerakan Tanah. *Jurnal Alami*. 2018; Vol. 2(2): 87-97.
- [12] Darwis. *Dasar-dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Yogyakarta: Pustaka QA: 2017.

- 
- [13] Zakaria Z. Muslim D. Mulyo. A. Perbaikan Tanah Eskpansiv Melalui Penambahan CaO Dalam Upaya Meningkatkan Dayadukung Tanah Untuk Pondasi Dangkal. *Proseding Seminar Nasional Kebumian ke-7*. Yogyakarta. 2014.
- [14] Gunarso A. Nuprayogi R. Partono W. Stabilitas Tanah Lempung Ekspnasif dengan Campuran Larutan NaOH 7,7%. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 2017; Vol. 6(2): 238-245
- [15] Putra MDH. *Pengaruh Perbaikan Tanah Lempung Ekspansif Dengan Metode Deep Soil Mixing pada Berbagai Kadar Air Lapangan Tanah Asli Terhadap Nilai CBR dan Pengembangan*. Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya: 2017.