

Identifikasi Mineral Liat Pada Lempung Bobonaro Di Area Disposal Tambang Mangan (*Clay Mineral Identification at Bobonaro Clay in The Disposal Area of Manganese Mine*)

Chindy M. S. Funay*, Rika Ernawati, Waterman S. Bargawa

Program Studi Magister Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
chindyfunay@gmail.com

Abstrak

Lempung Bobonaro termasuk dalam tanah ekspansif yang dapat mengembang dan menyusut sehingga mudah mengalami erosi. Permasalahan yang terjadi yaitu peningkatan erosi pada timbunan tanah penutup yang berasal dari hasil pembongkaran *overburden* yang didominasi oleh lempung Bobonaro. Erosi berkaitan dengan kemantapan agregat yang dipengaruhi oleh tipe mineral lempung. Penelitian ini hanya difokuskan pada jenis mineral sekunder atau mineral liat. Metode yang digunakan yaitu pengambilan sampel tanah secara *random sampling* sebanyak 3 titik pada lereng bagian atas, tengah dan bawah, identifikasi mineral lempung di laboratorium secara kualitatif menggunakan metode XRD (*X-ray diffraction*) dan perhitungan persentase komposisi setiap mineral secara semi kuantitatif dengan *software Match*. Dari hasil penelitian diperoleh mineral yang paling dominan adalah illit dengan rata-rata persentase sebesar 25.9%. Keterdapatannya illit pada timbunan *overburden* berpengaruh terhadap kemantapan agregat sedang dan tidak stabil sehingga rentan terjadi erosi.

Kata Kunci: disposal, erosi, mineral liat, *overburden*, XRD.

Abstract

Bobonaro clay is an expansive soil that can expand and shrink so it is easy to erode. The problem that occurs is the increase in overburden erosion that comes from the demolition of the overburden which is dominated by Bobonaro clay. Erosion is related to the stability of the aggregate which is influenced by the type of clay mineral. This research is only focused on the types of secondary minerals or clay minerals. The method used is random sampling of soil samples at 3 points on the upper, middle and lower slopes, qualitative identification of clay minerals in the laboratory using the XRD (X-ray diffraction) method and semi-quantitative calculation of the percentage composition of each mineral with Match software. From the research results obtained the most dominant mineral is illite with an average percentage of 25.9%. The presence of illite in the overburden embankment affects the stability of moderate and unstable aggregates so that they are susceptible to erosion.

Keywords: disposal, erosion, clay minerals, *overburden*, XRD

PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan bijih mangan dilakukan dengan cara *open pit* dan kegiatan pengupasan lapisan tanah pucuk dan tanah penutup dilakukan penimbunan pada area *disposal*. Kondisi timbunan berada pada daerah perbukitan berlereng agak terjal dan didominasi oleh lempung Bobonaro yang memiliki sifat plastisitas yang tinggi (Ramli, dkk, 2002). Secara litologi, lempung Bobonaro terdiri dari batulempung bersisik dan bongkah – bongkah asing bermacam ukuran. Lempung bersisik tersebut merupakan matrik dari bongkah – bongkah asing yang berasal dari batuan yang berumur lebih tua. Lempung Bobonaro termasuk dalam tanah ekspansif yang memiliki tingkat sensitifitas yang tinggi terhadap perubahan kadar air. Dalam kondisi kering bersifat keras, tetapi dalam kondisi basah bersifat mengembang dan mudah mengalami erosi, sehingga dapat terjadi longsor pada area *disposal*. Permasalahan pada daerah penelitian yaitu material dari timbunan *overburden* pada area *disposal* memiliki sifat plastisitas tinggi dan tidak terdapat vegetasi di atasnya, menyebabkan tanah tersebut menjadi kering dan kemantapan agregat sangat rendah. Selain itu, penataan lahan yang dilakukan hanya dengan pemadatan saja sehingga sering mengalami erosi alur.

Kemantapan agregat berhubungan erat dengan tekstur tanah, jenis mineral lempung dan jumlah bahan organik dalam tanah. Dalam penelitian ini difokuskan hanya pada 3 mineral utama dari mineral lempung yaitu kaloinit, illit dan monmorilonit. Mineral dalam tanah berasal dari pelapukan fisik dan kimia dari batuan yang merupakan bahan induk tanah, rekristalisasi dari senyawa-senyawa hasil pelapukan lainnya atau pelapukan dari mineral primer dan sekunder. Mineral liat atau mineral sekunder adalah mineral-

mineral hasil pembentukan baru selama proses pembentukan tanah, walaupun ada beberapa jenis induk tanah yang juga sudah mengandung mineral yang sama dengan mineral liat. Jenis mineral sangat berkaitan erat dengan sifat – sifat tanah yang dihasilkan. Menurut Morgan (2005), stabilitas agregat tanah bergantung dari tipe mineral lempung. Tanah yang mengandung *kaolinite*, *halloysite*, *chlorite* berukuran butir kecil akan membentuk agregat yang stabil, sedangkan tanah dengan kandungan smektit (*montmorillonite*) dan *illite* dapat mengembang dalam keadaan basah, sangat tidak stabil pada kondisi air tergenang sehingga mudah terjadi erosi. Penelitian Seo (2018) pada tambang batubara diperoleh mineral liat yang paling dominan yaitu kaolinit, sehingga memiliki kemantapan agregat yang baik. Sama halnya dengan penelitian Isra, ddk (2019) menyatakan bahwa gradasi ukuran butir yang tidak seragam dapat memperkecil terbentuknya pori mikro mineral liat 1:1 seperti kaolinit yang memiliki daya serap air yang rendah dibandingkan mineral illit dan monmorillonit, karena adanya ruang antar partikel yang dapat diisi oleh air. Ketika intensitas hujan yang tinggi menyebabkan akumulasi air dan dan curamnya lereng dapat memicu terjadinya longsor.

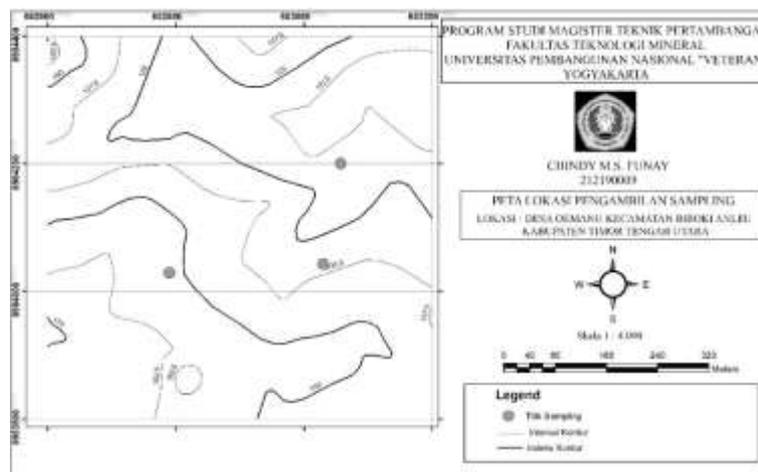
Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi mineral liat yang paling dominan dan relatif komposisinya menggunakan metode XRD (*X-ray diffraction*). Analisis mineralogi dengan XRD mempunyai keunggulan dibandingkan analisis petrografi, karena metode tersebut sangat efektif dalam mendeskripsikan komposisi dan jenis mineral di dalam batuan atau tanah dengan menggunakan difraksi/pantulan sinar X yang hasilnya akan divisualisasikan dalam bentuk kurva difraktogram. Hukum dasar dalam difraksi sinar X mengacu pada Hukum Bragg (Moore and Reynold, 1997). Metode identifikasi mineral juga memiliki kelemahan dan kelebihan, sehingga diperlukan kombinasi beberapa metode untuk memperoleh hasil yang lebih baik.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di area *disposal* tambang mangan PT. Anugrah Nusantara Sejahtera. *Disposal* tersebut merupakan timbunan material *overburden* dari hasil pengupasan lapisan tanah penutup. Daerah penelitian dapat ditempuh dari Kupang, sejauh 5 – 6 jam perjalanan darat.

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif yaitu melalui pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan sampai pada tahap analisis laboratorium. Pengambilan sampel tanah menggunakan metode *random sampling*. Alat dan bahan yang digunakan yaitu GPS, kantong plastik sampel, pulpen, kertas label, kamera digital dan alat gali. Lokasi pengambilan dibagi menjadi 3 titik yaitu lereng atas, tengah dan bawah. Jumlah sampel yang diambil sebanyak 3 sampel tanah. Sampel tanah diambil dan dikemas menggunakan kantong plastik tebal lalu diberi keterangan. Peta lokasi pengambilan sampel tanah dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampling.

Metode Analisis Data

Pengujian dilakukan pada laboratorium Perminyakan UPN Veteran Yogyakarta dengan menggunakan metode identifikasi mineral tanah yaitu XRD (*X-ray Diffraction*). Penggunaan sinar X dalam analisis mineral liat untuk mengetahui jenis mineral liat secara kualitatif dan kuantitatif serta dapat menentukan sifat-sifat khas dari suatu mineral liat (Dixon dkk, 2010). Sedangkan untuk mineral yang sifatnya agak susah diidentifikasi biasanya menggunakan analisis thermal (Sastiono, 1997). Preparasi sampel mineral

sekunder (*clay*) biasanya dilakukan dengan analisis *oriented clay mineral aggregates*. Analisis preparat mineral lempung dilakukan dengan tiga tahapan yaitu *air dried (untreated)*, glikolasi dengan *ethylene glycol* dan pemanasan (Wicaksono, dkk, 2017).

Langkah pertama yang dilakukan dalam analisis preparat mineral lempung adalah pemisahan mineral lempung dari bahan pengikat berupa bahan organik atau oksida – oksida dan karbonat. Apabila masih terdapat zat bahan organik dalam sampel, maka *peak* mineral lempung akan tertutupi oleh *peak* organik sehingga tidak akan terlihat. Begitu juga halnya, jika masih terdapat karbonatan dalam sampel, maka *peak* mineral karbonat lebih dominan dibandingkan dari *peak* mineral lempung. Pemisahan bahan organik dilakukan dengan menggunakan H_2O_2 dalam suasana masam, karena dalam suasana basa atau netral reaksi tidak sempurna. Setelah sampel tanah bebas dari bahan pengikat, dilakukan pemisahan besaran butir melalui dua tahap, yaitu (a) pemisahan fraksi pasir dari debu dan lempung dengan cara penyaringan, dan (b) pemisahan debu dari lempung dengan cara sentrifusi.

1. Preparasi Clay Air Dried

Preparasi lempung awal yang belum diberi perlakuan khusus. Dalam tahapan ini akan diukur pH dan preparasi *clay*. Sampel yang dalam keadaan basah harus dikeringkan terlebih dahulu, dilanjutkan dengan menghaluskan sampel hingga menjadi serbuk halus. Sampel serbuk halus dicampur dengan *ultrapure distilled water* dalam tabung reaksi atau beker gelas untuk diukur kadar keasaman (pH) larutannya. Jika larutan tidak memiliki pH asam, sampel dicampur dengan larutan *sodium hexametaphosphate* dimasukkan kedalam tabung *centrifuge* 10 mL. Masukkan tabung *centrifuge* ke dalam alat *centrifuge*. Posisi tabung harus stabil sehingga mineral lempung dapat terdispersi dengan baik, atur kecepatan 2000 rpm selama 42 detik. Partikel dengan fraksi berat akan mengendap dan partikel berukuran $\leq 2 \mu m$ menjadi koloid. Ambil koloid dengan menggunakan pipet plastik dan diteteskan pada kaca preparat sampel (posisi setengah bagian ke bawah).

2. Preparasi Clay Ethylene Glycol

Dilanjutkan dengan tahapan *solvating* dan penjemuran dengan larutan *ethylene glycol*. Teknik preparasi ini sangat bagus untuk melihat pembengkakan mineral lempung (*swelling clay*) seperti smektit. Mineral lempung akan melebar akibat proses *swelling*, yang dapat ditunjukkan dengan adanya pergeseran posisi sudut difraksi (2θ) dari *basal reflection* pada grafik diagram difraksi.

3. Pemanasan Pada Suhu 500°C

Perlakuan ini dilakukan selama 1 jam dan sangat baik digunakan untuk membedakan mineral klorit dan kaolinit, dimana pada suhu ini kaolinit berubah menjadi fase amorf dan pola difraksinya tidak lagi dijumpai (Reynold and Moore, 1997). Hal ini disebabkan karena dengan pemanasan dapat mengubah jarak dalam struktur kristal atau bahkan menghilangkan struktur kristalnya sehingga rusak.

Selanjutnya, fraksi tanah halus hasil dari preparasi akan dimasukkan ke dalam alat XRD yang sudah terhubung dengan komputer untuk dilakukan pembacaan hasil. *Peak* grafik difraksi sinar X yang dihasilkan ketika sinar X dengan sudut tertentu akan memindai kristal yang mempunyai jarak atom tertentu, selanjutnya menghasilkan *peak* difraksi tertentu dikarenakan setiap kristal memiliki karakteristik struktur atom yang berbeda satu dengan yang lain. Hasil analisis XRD berupa hubungan antara 2θ (sudut difraksi), d (tebal unit sel atau jarak antar bidang kristal) dan I (intensitas sinar terdifraksi) dalam bentuk grafik yang disusun atas beberapa *peak*. Data hasil pengujian laboratorium dianalisis secara semi kuantitatif dan kualitatif dengan interpretasi data bersifat deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN



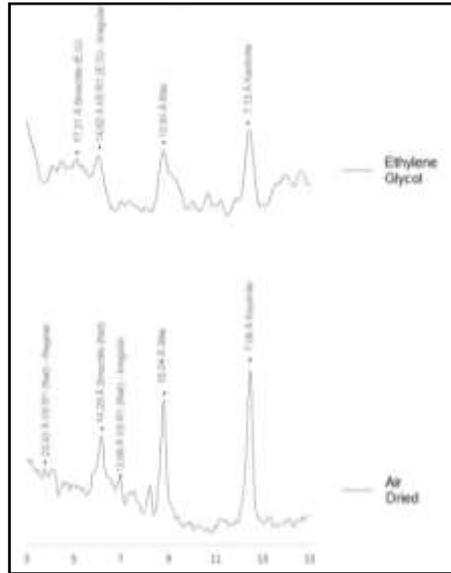
Gambar 2. Kondisi Timbunan Overburden.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, tanah di lokasi penelitian lebih cenderung mengarah ke jenis tanah kompleks mediteran dan grumusol karena berasal dari pelapukan yang bahan induknya berupa batuan sedimen klastik (batu gamping tua dan batulempung bersisik disertai bongkah – bongkah asing). Ciri yang

paling mendasar yaitu jenis tanah grumusol menurut Driessen dan Dudal (1989) mengalami proses terakumulasinya mineral smektit dan proses mengembang serta menyusut secara periodik. Hal tersebut sesuai dengan karakteristik dari tanah lempung Bobonaro pada lokasi penelitian yang bersifat sangat keras dalam kondisi kering, tetapi bila terendam air akan bersifat mengembang (membentuk rekahan yang lebar) dan mudah tererosi sehingga dapat menimbulkan longsoran pada lereng yang dibentuk oleh tanah tersebut. Ketebalan dari formasi Komplek Bobonaro sangatlah bervariasi dan sulit untuk diperkirakan. Selain itu, lempung Bobonaro juga bersifat ekspansif, mudah mengalami erosi dan longsor.

Berikut hasil analisis mineral liat dari 3 contoh tanah menggunakan metode XRD yang sebelumnya telah diberi perlakuan melalui preparasi sampel:

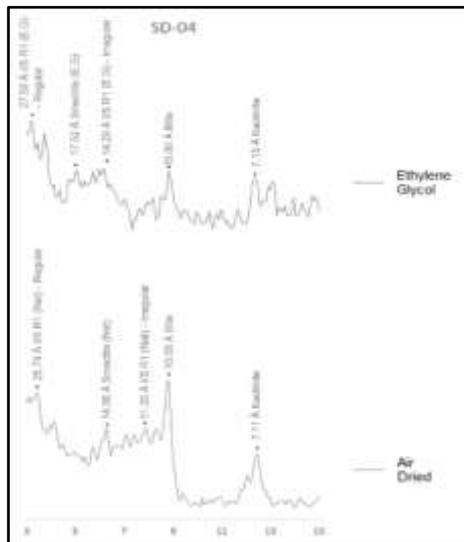
1. Titik A



Gambar 3. Difraktogram Sinar X Pada Titik A.

Kondisi tanah pada titik ini, bagian permukaan tanah lebih banyak terdiri dari pasir dan kerikil karena berada pada lereng bagian atas sehingga agak kering, tidak ada vegetasi di atasnya. Selain itu, lokasi pengambilan sampel pada titik ini tidak terlalu curam dan sangat memudahkan pada saat penggalian. Kurva XRD pada **Gambar 2** terlihat bahwa nilai kaolinit hanya berubah sedikit setelah dilakukan analisa dengan penambahan *ethylene glycol*. Umumnya kaolinit mempunyai ukuran (*basal spacing*) 7,2 Å yang tergolong kecil dibandingkan dengan mineral liat yang lain. Dapat dilihat pada kurva XRD (**Gambar 2**), nilai *basal spacing* sebesar 7,09 Å setelah penambahan *ethylene glycol* menjadi 7,12 Å.

2. Titik B

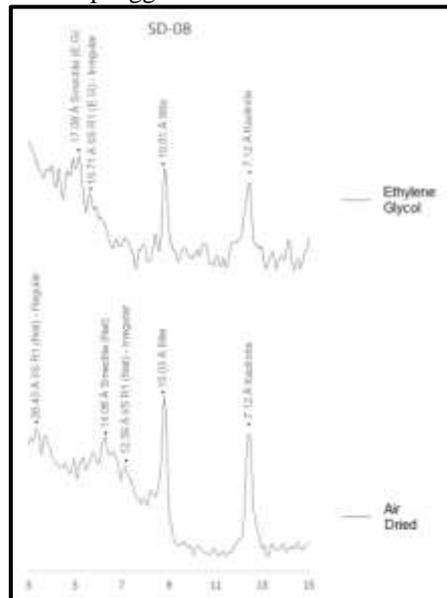


Gambar 4. Difraktogram Sinar X Pada Titik B.

Pada titik ini, lokasi pengambilan sampel tanah berada pada bagian tengah dari timbunan. Kondisinya agak curam karena teras timbunan yang sudah dilakukan sebelumnya mengalami erosi. Material tanah terdiri dari sebagian batuan berukuran sedang, pasir halus, lanau, dan sedikit liat. Mineral lempung illit mempunyai ukuran (*basal spacing*) 10,05 Å. Dari hasil pengujian XRD menunjukkan bahwa setelah dilakukan analisa dengan penambahan *ethylene glycol* terjadi sedikit perubahan ukuran (*basal spacing*), yang mana nilainya turun menjadi 10,00 Å.

3. Titik C

Dari hasil hasil analisa XRD (**Gambar 4**) menunjukkan bahwa nilai puncak kurva mineral lempung montmorilonit ($d = 14,06 \text{ \AA}$) mengembang ($d = 17,08 \text{ \AA}$) setelah dilakukan analisa dengan penambahan *ethylene glycol*. Tanah yang mengandung mineral liat smektit bersifat mengembang dan plastis jika basah, sehingga agregatnya tidak begitu stabil dalam air dan mudah tererosi (Arsyad, 2000). Lokasi pengambilan sampel berada pada lereng bagian bawah, dimana partikel tanah yang berukuran halus seperti lanau dan liat banyak terakumulasi di titik ini, karena terbawa oleh aliran air permukaan dari lereng bagian atas. Kondisi tanah agak basah dan lembek pada saat penggalian tanah.



Gambar 5. Difraktogram Sinar X Pada Titik C.

Berdasarkan hasil analisis XRD dilakukan interpretasi berdasarkan proporsi luas bidang puncak atau peak histogram masing – masing mineral liat menggunakan *software Match* untuk melihat persentase dari 3 mineral liat dalam lempung Bobonaro yang berada pada timbunan *overburden*. Hasil interpretasi komposisi mineral liat tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Susunan Persentase Mineral Liat.

No	Nama Sampel	Kaolinit	Illit	Monmorillonit
1	Titik A	30,50	25,39	19,18
2	Titik B	12,71	27,19	17,70
3	Titik C	19,90	25,11	19,29
Rata - Rata		21,04	25,90	18,72

Dari hasil analisa persentase mineral liat dalam **Tabel 1**, terlihat kandungan mineral kaolinit berkisar antara 12,71 – 30,5%. Kaolinit memiliki struktur berlapis, terdiri atas struktur lembaran tunggal silika tetrahedral yang digabung dengan satu lembaran tunggal aluminium oktahedral sehingga digolongkan sebagai lempung silikat tipe 1:1. Diantara lapisan mineral liat silikat diikat oleh ikatan hidrogen yang sangat kuat dan rapat sehingga ruang antar lapisan tidak dapat dimasuki oleh ion atau molekul air yang tidak mampu menerobos struktur. Hal tersebut menyebabkan kaolinit tergolong mineral yang strukturnya tidak mengembang atau mengerut (*non-expanding mineral*). Jadi tanah yang mengandung kaolinit memiliki kemantapan agregat yang baik, tidak mudah terbawa aliran permukaan dan tingkat erosi bisa lebih rendah.

Selanjutnya, kandungan mineral illit berkisar antara 25,11 – 27,19%. Berdasarkan persentase kandungan mineral, terlihat mineral illit lebih dominan dibandingkan kaolinit dan montmorilonit. Mineral illit kaya dengan unsur kalium (K) dan terdiri dari lembaran aluminium oktahedra yang terikat di antara dua lembaran silika tetrahedra, sehingga tergolong dalam struktur tipe 2:1. Lapisan dalam mineral illit terikat satu sama lain oleh ion K^+ . Ikatan tersebut mengakibatkan satuan kristal pada illit sulit bergerak satu

sama lainnya, sehingga membatasi pengembangan dan pengerutannya. Akibatnya, mineral tersebut memiliki kapasitas jerap terhadap kation dan air yang lebih rendah dibandingkan dengan montmorilonit.

Persentase mineral montmorilonit berkisar antara 17,7 – 19,29%. Montmorillonit merupakan mineral liat silikat yang lebih muda dibandingkan dengan Kaolinit. Mineral liat ini tergolong dalam Kelompok Mineral Liat Smektit atau Mineral Liat Tipe 2:1. Dalam strukturnya, mineral ini berlapis-lapis dan setiap lapisan terdiri dari satu lembar alumina diapit oleh dua lembar silika. Tanah yang mengandung mineral liat smektit (*montmorillonite*) bersifat mengembang dan plastis jika basah, sehingga agregatnya tidak begitu stabil dalam air dan mudah tererosi (Arsyad, 2000). Kemampuan jerap terhadap air menyebabkan lapisan silika mudah bergeser satu dengan yang lainnya, sehingga mineral liat silikat ini tidak mempunyai kekuatan untuk menahan tekanan. Sedangkan dalam kondisi kering, mineral ini dapat menghasilkan rekahan sampai dengan 5 cm atau lebih.

Namun jika dilihat secara keseluruhan dari rata – rata hasil analisa semi kuantitatif, mineral illit yang paling dominan dengan rata – rata persentase sebesar 25,9%. Walaupun rata – rata persentase kaolinit lebih banyak daripada montmorillonit, erosi alur akan tetap terjadi karena struktur mineral illit sama dengan mineral montmorillonit. Sehingga sangat berpengaruh terhadap karakteristik dari lempung Bobonaro yang bersifat mengembang dan menyusut jika basah, karena mineral-mineral tersebut mempunyai sifat plastisitas yang tinggi menyebabkan agregat tidak stabil dalam air. Air mudah masuk kedalam sela-sela antar lapisan sehingga mineral mengembang dan pada saat mengering, air dalam lapisan juga mengering sehingga mineral menyusut. Dari hal tersebutlah, tanah pada timbunan *overburden* mudah tererosi. Menurut Yilmaz, dkk (2004) tanah yang mengandung banyak mineral illit memiliki kemantapan agregat yang sedang, tetapi dapat terjadi limpasan yang besar sehingga menyebabkan erosi. Selain itu, pengaruh dari topografi timbunan yang agak curam menyebabkan lebih rentan mengalami erosi pada saat terjadi hujan dengan intensitas rendah maupun tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa mineral liat yang paling dominan dalam timbunan *overburden* di area disposal yaitu mineral illit dengan rata-rata presentase sebesar 25,9%. Adanya mineral illit berpengaruh terhadap terjadinya erosi, karena tanah yang mengandung mineral illit memiliki kemantapan agregat yang sedang dan tidak stabil sehingga dapat menyebabkan limpasan air permukaan. Maka dari itu perlu dilakukan penataan lereng timbunan secara efisien dan efektif. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait sifat fisik dan sifat kimia dari lempung Bobonaro untuk mengurangi dampak dari erosi dan dapat memperbaiki kualitas tanah pada area *disposal*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada segenap pihak yang terlibat dalam penelitian ini, khususnya rekan – rekan dari PT. Anugrah Nusantara Sejahtera dan teman – teman yang telah membantu dilapangan, serta Pembimbing akademik Magister Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta, Indonesia yang telah membimbing dengan ilmu yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S., 2000, *Konservasi Tanah dan Air*, Penerbit IPB/IPB Pro cetakan ketiga, Darmaga, Bogor.
- Isra, N, dkk., 2019, *Karakteristik ukuran Butir dan Mineral Liat Tanah Pada Kejadian Longsor*, Jurnal Ecosolum Vol 8: 2.
- Dixon, J.B., and Schulze, D.G (eds), 2010, *Soil Mineralogy with Environmental Applications*, Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Moore, D.M., & Reynold, R.C., 1997, *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Mineral*, Oxford University Press, Oxford.
- Morgan, R.P.C., 2005, *Soil Erosion And Coservation (3rd Edition)*, National Soil Resources Institute, Cranfield Universit, Australia: Blackwell Publishing.
- Ramli, Y.R, dkk., 2002, *Penyelidikan Geokimia Regional Sistematis Kabupaten Timor Tengah Utara dan Timor Tengah Selatan*, Provinsi Nusa Tenggara Timur, Kolokium Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (DIM).
- Sastiono, A., 1997, *Diktat Kuliah: Mineralogi Lempung*, Program Studi Ilmu Tanah, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

- Seo, H., 2018, Analisis Pengaruh Sifat Fisik Tanah Terhadap Erosi Tanah Disposal PT. Dharma Henwa Tbk, Site Asam Asam, Kalimantan Selatan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- Wicaksono, D., Setiawan, N., Wilopo, W., & Harijoko, A., 2017, Teknik Preparasi Sampel Dalam Analisis Mineralogi Dengan XRD (X-ray Diffraction) di Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-10.
- Yilmaz, K., Celik, I., Kapur, S., & Ryan, J., 2005, Clay Minerals, Ca/Mg Ratio And Fe-Al-Oxides In Relation To Structural Stability, Hydraulic Conductivity And Soil Erosion In Southeastern Turkey, Turkey Jurnam Agric, 29-37.