

THE INFLUENCE OF COAL WASTE DRAINAGE IN COAL STOCK PILE TOWARD CLAY LINER HYDRAULIC CONDUCTIVITY

Rachmat Hidayatullah¹

¹Politeknik Negeri Banjarmasin

ABSTRAK

Salah satu masalah yang dapat timbul akibat kegiatan penambangan adalah air asam tambang (*acid mine drainage*) disingkat AAT, terutama pada tambang batubara yang mengandung material pirit (FeS_2). Air asam tambang terjadi bila batuan yang telah digali berhubungan dengan lingkungan oksida secara alami terhadap mineral sulfida di dalam batuan tersebut yang terpapar ke udara dan air. Metode yang digunakan untuk mencegah merembesnya air asam tambang adalah *clay liner*.

Clay liner dibuat pada tanah lempung yang ada di daerah lokasi pelabuhan batubara (*stockpile*) di Kecamatan Sungai Cuka Kabupaten Tanah Laut.

Dari sampel didapatkan nilai LL 41,60%, PI 18,00% dan % butiran lolos ayakan # No. 200 adalah 39%, dari klasifikasi dapat digolongkan dengan menggunakan metode AASHTO, sampel termasuk dalam grup A-7-6, yaitu tanah berlempung. Hasil *test falling head* terhadap lempung menunjukkan bahwa *hydraulic conductivity* untuk *clay liner* yang dipadatkan dengan kadar air di daerah *dry side* adalah berkisar antara $6,588 \cdot 10^{-8}$ cm/s sampai dengan $6,242 \cdot 10^{-8}$ cm/s, dan untuk lempung yang dipadatkan dengan kadar air optimum didapatkan *hydraulic conductivity* sebesar $5,894 \cdot 10^{-8}$ cm/s, sedangkan di daerah *wet side* berkisar antara $5,548 \cdot 10^{-8}$ cm/s sampai dengan $5,542 \cdot 10^{-8}$ cm/s. Dari hasil tes tersebut dapat diketahui bahwa *hydraulic conductivity clay liner* mengecil tapi tidak signifikan dengan bertambahnya kadar air. Kepadatan dan kadar air yang diijinkan dalam pembuatan *clay liner* untuk *stockpile* ialah *clay liner* yang dipadatkan lebih dari 90% kepadatan maksimum dengan kadar air sampai dengan +7% dari kadar air optimum.

Kata Kunci: kepadatan, kadar air, *hydraulic conductivity*, air asam tambang

1. PENDAHULUAN

Air asam tambang (AAT) terjadi bila batuan yang telah digali berhubungan dengan lingkungan oksida secara alami terhadap mineral sulfida di dalam batuan tersebut yang terpapar ke udara dan air. Bila proses oksidasi dari mineral sulfida sudah terjadi, maka sangat sulit untuk menghentikannya. Metode yang digunakan untuk mencegah merembesnya air asam tambang adalah *clay liner*, hanya saja *clay liner* dapat rusak jika berinteraksi dengan limbah yang mempunyai pH rendah (asam). Apabila *clay liner* dibuat untuk mencegah meresapnya AAT ke air tanah dimana AAT tersebut merembes melalui *clay liner*, maka yang menjadi masalah adalah pengaruh kadar air dan kepadatan terhadap *hydraulic conductivity clay liner*, pengaruh AAT

terhadap *hydraulic conductivity* dari *clay liners* serta kepadatan dan kadar air yang tepat untuk lokasi/tempat penimbunan batubara (*stockpile*) yang mempunyai *hydraulic conductivity* ($k=10^{-5}$ - 10^{-7}).

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini mengetahui pengaruh AAT terhadap *hydraulic conductivity clay liner*, serta kepada tatanan kadar air *clay liner* untuk tempat penimbunan batubara (*stockpile*) di pelabuhan. Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut tanah lempung yang diteliti tanah lempung yang ada di daerah lokasi *stockpile* untuk dijadikan bahan penelitian yang terdapat di Kecamatan Sungai Cuka Kabupaten Tanah Laut serta air yang diteliti adalah air yang terdapat pada kolam penampungan awal sebagai untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terdapat pada air.

Correspondence : Rachmat Hidayatullah

2. METODE PENELITIAN

2.1 Sampel

Sampel yang diambil dari lokasi penelitian, yaitu Sampel tanah lempung yang dipergunakan dalam penelitian ini diambil langsung dari lapangan dalam keadaan terganggu (*disturbed*). Lokasi pengambilan sampel adalah *stockpile* pelabuhan batubara Kecamatan Sungai Cuka, Kabupaten Tanah Laut. Dan air asam tambang diambil dari *settling pond* yang berada pada *stockpile* pelabuhan batubara. Air asam tersebut dites di laboratorium untuk mengetahui komposisi kimianya yaitu unsur Fe^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , dan tingkat keasaman (pH).

2.2 Penentuan Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Pengujian sampel lempung untuk mendapatkan penentuan sifat fisik dan kimia tanah terdiri dari lima pengujian.

1. *Specific gravity*. Penentuan *specific gravity* (Gs) atau berat jenis tanah lempung berdasarkan *Standard Test Method for Specific Gravity of Soils* (ASTM D854-92),
2. Plastisitas (*Atterberg Limit*). Penentuan batas-batas Atterberg ini dilakukan berdasarkan *Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils* (ASTM D4318-93),
3. Distribusi ukuran butir. Penentuan distribusi ukuran butir ini dilakukan berdasarkan *Standard Test Method for Grain Size of Soils* (ASTM D422-63),
4. Pemadatan. Sampel tanah lempung dipadatkan berdasarkan *Standard Proctor Test* (ASTM D698),
5. Pemeriksaan sifat kimia. Adapun kandungan kimia yang diteliti yaitu kandungan unsur Fe^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , dan tingkat keasaman (pH).

2.3 Falling Head Test

Jumlah benda uji yang dicari harga k -nya adalah lima buah, yaitu benda uji mempunyai kepadatan minimum $95\% \delta_{\max}$ untuk sampel lempung yang dipadatkan dengan *Standard Proctor Test* (ASTM D698). Hasil pemadatan standard tersebut diambil dua benda uji pada *dry side*, satu benda uji pada kadar air

optimum dan dua benda uji pada *wet side*, selanjutnya pengukuran *Falling Head Test*.

Hasil seluruh pengukuran *hydraulic conductivity* (k) diplot pada grafik-grafik berikut:

1. Grafik *hydraulic conductivity* dengan waktu,
2. Grafik *hydraulic conductivity* dengan aliran volume pori.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Dari hasil sampel yang diperoleh, sampel tanah dapat diklasifikasi tanah dengan menggunakan metode AASTHO dan USCS. Dengan menggunakan metode AASTHO, sampel lempung termasuk dalam grup A-7-6, yaitu tanah berlempung. Berdasarkan gradasi butiran dinyatakan bahwa tanah lempung dengan nilai kandungan lanau yang cukup besar (lebih dari 35 persen lolos saringan no. 200), nilai LL lebih besar dari 41 dan nilai PI lebih besar dari 11. Kelompok A-7 dibagi atas dua golongan yaitu A-7-5 apabila $\text{IP} < (\text{LL} - 30)$ dan A-7-6 apabila $\text{IP} > (\text{LL} - 30)$ (Das, 2003).

Dari klasifikasi tersebut dapat disimpulkan bahwa lempung yang digunakan dalam penelitian ini cocok untuk digunakan sebagai *clay liner* karena lempung tersebut mempunyai harga PI yang tinggi sehingga diharapkan mempunyai harga k (*hydraulic conductivity*) yang kecil. Hal ini dari hasil *permeability test* dimana harga *hydraulic conductivity* yang didapatkan lebih kecil dari 1.10^{-7} cm/s .

Dalam sistem klasifikasi USCS tanah digolongkan berdasarkan hasil pengujian batas-batas Atterberg (*Atterberg Limits*). Dengan menggunakan grafik hubungan *liquid limit* dan *plasticity indeks* (Casagrande, 1948) sebagaimana pada distribusi butiran, menunjukkan penggolongan sampel tanah lempung yang digunakan untuk penimbunan *stockpile* pelabuhan batubara termasuk dalam kategori CL. Tetapi apabila dilakukan koreksi berdasarkan sifat fisik dan hasil analisa saringan mayoritas tanah adalah pasir (S) dan lempung (C) jadi dapat dikategorikan kedalam SC yaitu pasir berlempung.

Kandungan kimia yang diperiksa dalam penelitian ini adalah kandungan Fe, SO₄. Hal ini diambil berdasarkan kandungan kimia yang dominan pada lempung, kandungan kimia larutan standar (CaSO₄) dan kandungan

kimia yang dominan pada AAT. Hasil Analisa sample air sebelum dan sesudah mengalami *Falling Head* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Analisis Sampel Air Sebelum dan Sesudah Mengalami *Falling Head*

Parameter	Satuan	Titik Sampling		Batas Ambang Batas
		TA ₁	TA ₂	
pH	-	2,76	7,35	6-9
SO ₄	mg/L	1108	299,45	Maksimal 400
Fe	mg/L	208	0,33	Maksimal 7
Mn	mg/L	19,75	0,19	Maksimal 4
Cu	mg/L	0,26	<0,006	-
Zn	mg/L	1,84	<0,009	-
Ni	mg/L	0,73	<0,02	-

3.2 Hydraulic Conductivity Clay Liner

Hydraulic conductivity clay liner sangat dipengaruhi oleh kondisi kadar air campuran pada saat dipadatkan. Hasil *test falling head* terhadap lempung menunjukkan bahwa *hydraulic conductivity* untuk *clay liner* yang dipadatkan dengan kadar air di daerah *dry side* adalah berkisar antara $6,588 \cdot 10^{-8}$ cm/s sampai dengan $6,242 \cdot 10^{-8}$ cm/s, dan untuk lempung yang dipadatkan dengan kadar air optimum didapatkan *hydraulic conductivity* sebesar $5,894 \cdot 10^{-8}$ cm/s sedangkan di daerah *wet side* berkisar antara $5,548 \cdot 10^{-8}$ cm/s. Dari hasil tes tersebut dapat diketahui bahwa *hydraulic conductivity clay liner* mengecil tapi tidak signifikan dengan bertambahnya kadar air, dan hal ini terlihat pada tes pemadatan.

Pengaruh AAT terhadap *hydraulic conductivity clay liner* pada kadar air masing-masing $w_c = 21,90\%$ (kadar air di daerah *wet side*). Terlihat bahwa *hydraulic conductivity* mengecil setelah larutan standar diganti dengan AAT. Setelah *pore volume of flow* $\pm 1,3$ *hydraulic conductivity clay liner* cenderung mengecil kembali. Dari grafik terlihat bahwa *hydraulic conductivity clay liner* mengecil dengan sangat drastis setelah

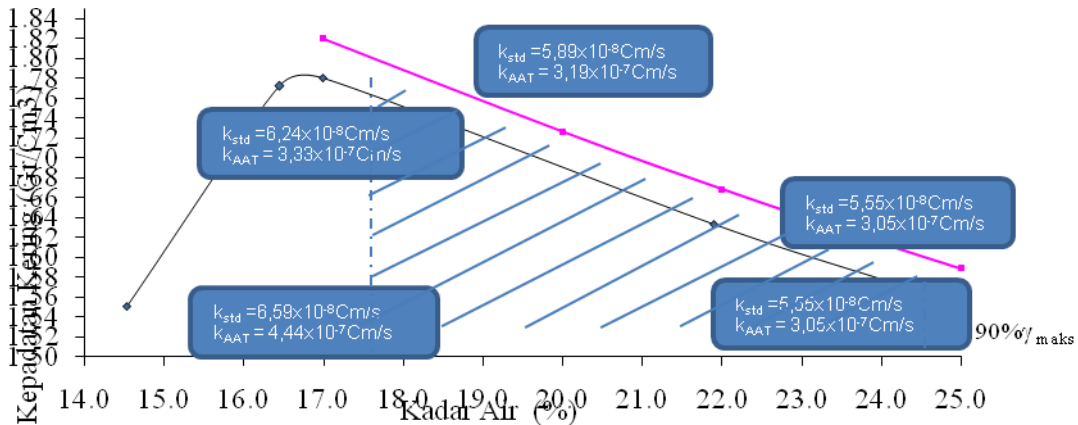
larutan standar diganti dengan AAT yaitu ± 2 kali *hydraulic conductivity* mula-mula (sebelum diganti AAT). Kemudian *hydraulic conductivity clay liner* berangsur-angsur membesar, akan tetapi masih lebih kecil daripada *hydraulic conductivity* mula-mula. Setelah *pore volume of flow* $\pm 1,3$, *hydraulic conductivity* cenderung konstan dan cenderung mengecil kembali.

Clay liner yang dipasang di dasar lagoon akan rusak bilamana limbah yang ditampung mengandung bahan yang mampu menghancurkan atau merubah struktur butiran lempung dari *clay liner*. Limbah dengan pH rendah (asam) dapat menghancurkan butiran lempung dari *clay liner*. Keadaan ini akan menyebabkan *hydraulic conductivity* dari *clay liner* mengecil dan kemudian membesar karenaterjadinya proses pemipaan (*piping*) pada *clay liner*, *hydraulic conductivity* mengecil saat larutan asam melalui *clay liner*. Hal ini disebabkan asam mampu melarutkan material-material yang membantunya menjadi netral (pH *effluent* adalah 7). Tetapi *hydraulic conductivity* kembali membesar setelah sejumlah besar larutan asam masuk ke dalam *clay liner* tersebut.

Dari hasil perbandingan antara jenis sampel dengan menggunakan sampel AAT,

diketahui bahwa *hydraulic conductivity* lempung penimbunan batubara (*stockpile*) pelabuhan dengan menggunakan larutan standar berada lebih besar dari 1.10^{-7} cm/s,

akan tetapi kepadatan dan kadar air dengan menggunakan larutan AAT mempunyai *hydraulic conductivity* (koefisien rembesan, *k*) lebih kecil atau sama dengan 1.10^{-7} cm/s.



Gambar 1. Hubungan Kepadatan vs Kadar Air hasil pengujian

Keterangan

- Sampel 1: Kepadatan $1,550 \text{ g/cm}^3$; kadar air 14,54%
 Sampel 2: Kepadatan $1,772 \text{ g/cm}^3$; kadar air 16,45%
 Sampel 3: Kepadatan Max $1,780 \text{ g/cm}^3$; kadar air 17%
 Sampel 4: Kepadatan $1,633 \text{ g/cm}^3$; kadar air 21,90%
 Sampel 5: Kepadatan $1,570 \text{ g/cm}^3$; kadar air 24,27%

Parameter yang perlukan untuk pada analisa pemadatan tanah biasanya didasarkan pada suatu spesifikasi yang diperlukan untuk mendapatkan harga kekuatan yang tinggi dan pemampatan yang kecil. Tetapi spesifikasi tersebut tidak cukup untuk pembuatan *clay liner* karena *hydraulic conductivity* adalah

parameter yang paling penting dalam pembuatan *clay liner* disamping pertimbangan kekuatan dan pemampatan. Data hasil Tes Pemadatan dan *Tes Falling Head* Larutan Standar dan Larutan Air Asam Tambang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Hasil Tes Pemadatan dan *Test Falling Head* Larutan Standar dan Larutan Air Asam Tambang

Metode	w_c	γ_d	k_{std}	k_{ATT}	Keterangan
Pemadatan	(%)	(g/cm^3)	(cm/s)	(cm/s)	
Standard Proctor (ASTM D689)	14,5	1,55	$6,59.10^{-8}$	$4,44.10^{-7}$	<i>dry side</i>
	16,5	1,77	$6,24.10^{-8}$	$3,33.10^{-7}$	<i>dry side</i>
	17	1,78	$5,90.10^{-8}$	$3,19.10^{-7}$	optimum
	21,9	1,63	$5,55.10^{-8}$	$3,05.10^{-7}$	<i>wet side</i>
	24,3	1,57	$5,55.10^{-8}$	$3,05.10^{-7}$	<i>wet side</i>

Keterangan

k_{std} = *Hydraulic conductivity* dengan larutan CaSO_4

k_{ATT} = *Hydraulic conductivity* dengan larutan Air Asam Tambang

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *clay liner* harus dipadatkan dengan kadar air yang tepat agar perubahan *hydraulic conductivity* yang terjadi paling kecil yang berarti perubahan struktur butiran paling kecil sehingga diharapkan perubahan kekuatan dan pemampatan yang paling kecil pula. Berdasarkan pertimbangan di atas maka didapatkan suatu daerah yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pemadatan untuk pembuatan *clay liner* seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. Dari Gambar 1 dan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa dalam pembuatan *clay liner* dapat dipenuhi dengan pemadatan apabila:

$$\text{Kepadatan: } \gamma_d \geq 90\% \gamma_{d \max}$$

$$\text{Kadar Air: } w_c \leq (w_{c \text{ opt}} + 7\%)$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu

1. Dilihat dari harga LL 41,60%, PI 18,00% dan % butiran lolos ayakan #No. 200 adalah 39%, dari klasifikasi dapat digolongkan dengan menggunakan metode AASHTO, sampel termasuk dalam grup A-7-6, yaitu tanah berlempung. Hal ini sampel lempung yang digunakan dalam penelitian ini cocok untuk digunakan sebagai *clay liner* karena lempung tersebut mempunyai harga PI yang tinggi sehingga diharapkan mempunyai harga k (*hydraulic conductivity*) yang kecil.
2. Hasil *test falling head* terhadap lempung menunjukkan bahwa *hydraulic conductivity* untuk *clay liner* yang dipadatkan dengan kadar air di daerah *dry side* adalah berkisar antara $6,588 \cdot 10^{-8}$ cm/s sampai dengan $6,242 \cdot 10^{-8}$ cm/s, dan untuk lempung yang dipadatkan dengan kadar air optimum didapatkan *hydraulic conductivity* sebesar $5,894 \cdot 10^{-8}$ cm/s, sedangkan di daerah *wet side* berkisar antara $5,548 \cdot 10^{-8}$ cm/s. Dari hasil tes tersebut dapat diketahui bahwa *hydraulic conductivity clay liner* mengecil tapi
- tidak signifikan dengan bertambahnya kadar air.
3. *Hydraulic conductivity clay liner* yang dites dengan *test falling head* adalah *hydraulic conductivity* yang menunjukkan harga cenderung konstan.
4. Kandungan parameter-parameter kimia air asam tambang yang keluar dari sampel lebih kecil daripada kandungan sebelum melewati *clay liner*. Hal ini memperlihatkan adanya reaksi antara air asam tambang dengan tanah.
5. Air asam tambang berpengaruh terhadap *hydraulic conductivity clay liner*, dimana *hydraulic conductivity* cenderung semakin besar dengan bertambahnya waktu. Lempung yang dipadatkan di daerah *dry side* akan mempunyai harga *hydraulic conductivity* yang lebih besar dari pada di daerah *wet side*. Lempung yang dialiri larutan CaSO_4 mempunyai *hydraulic conductivity* akan kecil daripada *hydraulic conductivity* lempung dengan larutan Air Asam Tambang. Perubahan *hydraulic conductivity clay liner* akibat dialiri air asam tambang sangat dipengaruhi oleh kepadatan dan kadar air *clay liner* tersebut.
6. Kepadatan dan kadar air yang digunakan dalam pembuatan *clay liner* untuk areal penumpukan pelabuhan batubara adalah *clay liner* yang dipadatkan kepadatan lebih dari 90% kepadatan maksimum dengan kadar air (w_c) pada $w_{c \text{ opt}}$ sampai + 7 % dari $w_{c \text{ opt}}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, E. Joseph. 1986. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Das, B. M., 2002. *Principles of Geotechnical Engineering* 5th Ed. PWS Publishing Comp. Boston. USA.
- Hardcastle, J.H. and J.K. Mitchell. 1974. *Electrolyte Concentration Permeability Relationship in Sodium Illite-Silt Mixture*. Clay and Clay Mineral, vol 22.
- Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. P.T. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

**THE INFLUENCE OF COAL WASTE DRAINAGE IN COAL STOCK PILE TOWARD CLAY LINER
HYDRAULIC CONDUCTIVITY**

Rachmat Hidayatullah

- Hardiyatmo, H.C. 2007. *Mekanika Tanah II*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. CV. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Merritt, R., 1988. *Coal Exploration Mine Planning and Development*. Noyes Publications, New Jersey. USA.
- Mitchelle, J.K., D.R.Hopper and R.G., Comanella. 1965. *Permeability of Compacted Clay*. Journal of The Soil Mechanics and Foundation Divisions. ASCE.vol.91. SM 4.
- Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. 2009. *Penanggulangan Air Asam Tambang pada Tambang Batubara Terbuka di Kalimantan Timur dan Kalimantan Selatan*. Bandung.
- Rogowski, A.S. 1986. *Hydraulic Conductivity of Compacted Clay Soils*. Proceeding Land Disposal Remedial Ection, Incineration, and Treatment of Hazardous Waste, USA EPA, Cincinnati. Ohio. USA.
- Tresnadi, H. 2008. *Karakter Air Asam Tambang di Lingkungan Tambang Pit 1 Bangko Barat, Tanjung Enim, Sumatera Barat*. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol.9, No.3, Hal. 314-319, Jakarta.