

PENENTUAN POTENSI LIKUEFAKSI BERDASARKAN WSRHC PADA TIMBUNAN MUARA TIGA BESAR UTARA, SUMATRA SELATAN

Gilang Perwira Adi^{1*}, Jodistriawan Eryari², Reynara Davin Chen²,
Raden Irvan Sophian¹, Zufialdi Zakaria¹

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

²Eksplorasi dan Geoteknik, PT. Bukit Asam, Tbk.

*Korespondensi: gilang16001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Pulau Sumatra merupakan pulau yang terbentuk sebagai hasil dari proses subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia sehingga pulau ini tergolong sebagai kawasan tektonik aktif. Kawasan timbunan Muara Tiga Besar Utara adalah timbunan *in pit* yang terletak di Sumatra Selatan memiliki potensi terjadinya likuefaksi karena kawasan ini terletak pada kawasan tektonik aktif dan material-material yang belum kompak. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menentukan potensi likuefaksi pada material timbunan dan pondasi timbunan. Dilakukan metode pembobotan pada salah satu faktor klasifikasi pembobotan *Waste Dump and Stockpile Stability Rating and Hazard Classification System* (WSRHC), yaitu faktor potensi likuefaksi untuk menentukan tingkat potensi likuefaksi yang mungkin terjadi. Hasil pembobotan menggunakan klasifikasi WSRHC menghasilkan potensi likuefaksi pada pondasi timbunan yaitu tergolong tidak berarti. Sedangkan pada material timbunan tergolong sebagai potensi likuefaksi rendah.

Kata kunci: WSRHC, Timbunan, Metode Pembobotan, Likuefaksi.

ABSTRACT

Sumatra Island is an island that was formed as a result of the subduction of the Indo-Australian Plate against the Eurasian Plate so that this island is classified as an active tectonic area. The Muara Tiga Besar Utara disposal area is in-pit disposal located in South Sumatra which has the potential for liquefaction because this area is located in an active tectonic area and the materials are not yet compact. The purpose of this study is to determine the liquefaction potential of disposal material and disposal foundation. A weighting method is carried out on one of the weighting classification factors of the Waste Dump and Stockpile Stability Rating and Hazard Classification System (WSRHC), namely the potential liquefaction factor to determine the level of potential liquefaction that may occur. The results of weighting using the WSRHC classification result in the potential for liquefaction in the disposal foundation, which is classified as negligible. Meanwhile, the disposal material is classified as a low liquefaction potential.

Keywords: WSRHC, Disposal, Weighting Method, Liquefaction.

PENDAHULUAN

Pulau Sumatra merupakan pulau yang terbentuk sebagai hasil dari proses subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia yang dapat berpengaruh terhadap keadaan litologi, morfologi, dan tektonik (Bishop, 2000).

PT. Bukit Asam Tbk. adalah perusahaan yang bergerak pada bidang pertambangan batubara yang berlokasi di Tanjung Enim, Sumatra Selatan. Metode pertambangan yang digunakan perusahaan

ini dalam mengambil batubara adalah dengan open pit mining. Prinsip metode *open pit mining* yaitu dengan menggali tanah atau batuan penutup (*overburden*). Material *overburden* ini kemudian ditimbun di suatu tempat yang disebut *waste dump/disposal*/kawasan timbunan (Hawley, 2017).

Salah satu kawasan timbunan yang ada di PT. Bukit Asam, Tbk adalah Timbunan Muara Tiga Besar Utara (MTBU). Potensi likuefaksi menjadi masalah serius yang dapat terjadi sewaktu-

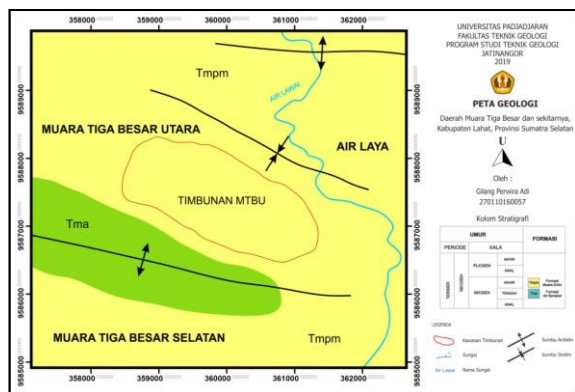
waktu karena kawasan ini terletak pada kawasan tektonik aktif berdekatan dengan Zona Sesar Sumatra.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk menentukan potensi likuefaksi pada material timbunan dan pondasi timbunan.

TINJAUAN PUSTAKA

Secara geomorfologi, kawasan Muara Tiga Besar Utara terdiri dari tumpukan material hasil proses penambangan yang menurut Antrhopogenic Geomorphology tergolong sebagai *Accumulated Macroforms* (David, 2012).

Litologi yang terdapat pada Pit MTBU terdiri dari batupasir, batulempung, batulanau, dan batubara. Terdapat lima lapisan batubara pada daerah IUP PT. Bukit Asam Tbk. yang bernilai ekonomis untuk ditambang. Persebaran satuan batuan dan struktur geologi pada kawasan MTBU dapat dilihat pada Gambar 1. Kawasan Timbunan MTBU terletak secara keseluruhan dalam Formasi Muara Enim.



Gambar 1. Peta Geologi Muara Tiga Besar (Modifikasi Gafoer, 1986).

Secara stratigrafi, litologi Pit MTBU dapat dikelompokkan menjadi unit lapisan batubara (*seam*) dan lapisan *overburden*. Urutan stratigrafi Pit Muara Tiga Besar Utara dari tua ke muda yaitu sebagai berikut:

- Lapisan *Underburden C*

Lapisan ini terdiri atas batupasir dan batulempung. Batupasir berwarna abu-abu,

ukuran butir halus-sedang, terpilah baik, membundar-menyudut tanggung, getas-agak keras. Batulempung berwarna abu-abu kemerahan, lapuk, kekerasan getas.

- Lapisan Petai (*Seam C*)

Lapisan batubara ini memiliki ketebalan 5-10 m, berwarna hitam mengkilap, memiliki lapisan batulempung dan batulanau tipis sekitar 10-15 cm.

- Lapisan *Interburden B-C*

Lapisan ini tersusun atas litologi batupasir dan batulempung dengan ketebalan total 38,5-44 meter. Batupasir berwarna abu-abu kecoklatan, ukuran butir halus-sedang, terpilah baik, membundar-menyudut tanggung, agak keras. Batulempung berwarna abu-abu terang, lapuk, kekerasan getas.

- Lapisan Suban (*Seam B*)

Lapisan batubara ini mempunyai ketebalan 17 m. Pada beberapa tempat mengalami pemisahan (*splitting*) menjadi Batubara B1 dan Batubara B2 dengan ketebalan masing-masing 8-14,55 m dan 3-5,8 m.

- Lapisan *Interburden A2-B*

Lapisan ini memiliki ketebalan 15-23 meter dan terdiri dari litologi batulempung sisipan batupasir dan batubara. Batulempung berwarna abu-abu, kekerasan getas, lapuk, terdapat sisipan batupasir.

- Lapisan *Lower Mangus (Seam A2)*

Lapisan batubara ini memiliki ketebalan 13 m dengan sisipan tipis batulempung. Terdapat *silicified coal* pada bagian atas lapisan batubara.

- Lapisan *Interburden A1-A2*

Lapisan ini memiliki ketebalan 3 meter dan terdiri dari litologi batupasir tufan dan batulempung. Batupasir tufan berwarna abu-abu terang, ukuran butir halus-sedang, agak keras, membundar-menyudut tanggung, terpilah baik, terdapat gelas vulkanik.

- Lapisan *Upper Mangus (Seam A1)*

Lapisan batubara ini memiliki ketebalan 8,5 m dengan tiga sisipan tipis batulempung tufan dengan ketebalan 10-15 cm.

– Lapisan Overburden

Lapisan *overburden* memiliki litologi berupa batulempung sisipan batupasir, dan pada beberapa lapisan terdapat sisipan tipis batubara (*hanging seam*). Ketebalan lapisan *overburden* sekitar 120 meter. Batulempung berwarna abu-abu kemerahan, kekerasan getas, lapuk, menyerpih. Batupasir berwarna abu-abu terang, ukuran butir halus-sedang, agak keras, membundar-menyudut tanggung, terpilah baik.



Gambar 2. Kenampakan Overburden A1, seam A1, Interburden A1-A2, dan seam A2.

Geological Time	Formation	Division of Seam Coal	Name of Seam	Lithology	Thickness (m)		Description
					Mean	Range	
TERTIARY	PLIOCENE	KASAI FORMATION	KAF	M4	> 120		Hanging Seam
	MID-PLIOCENE	PALEMBANG GROUP	MEMBER B (MP. B)	M3	8,50	6,00 – 10,00	A1 Coal, small subcarbonaceous claystone intercalations
	MIOCENE	AIR BENAKAT FORMATION	BAF	M1	17,00	15,00 – 20,00	B Coal, small carbonaceous claystone intercalations
TERTIARY	MIOCENE	AIR BENAKAT FORMATION	BAF	M1	38,50	34,00 – 44,00	Shalestone with siltystone layers
	MIOCENE	AIR BENAKAT FORMATION	BAF	M1	8,60	7,20 – 11,40	C / C1 Coal, small carbonaceous clay / shalestone intercalations
	MIOCENE	AIR BENAKAT FORMATION	BAF	M1	1,40	0,80 – 2,75	C1 Coal, small carbonaceous clay / siltystone intercalations

Gambar 3. Kolom stratigrafi Tambang Muara Tiga Besar.

Kondisi struktur geologi yang berkembang pada Pit MTBU berupa antiklin dengan *trend* tenggara – barat laut. Pit MTBU terletak pada sayap antiklin

utara, sedangkan sayap antiklin selatan merupakan Pit MTBS yang telah selesai tahap produksi.

Likuefaksi adalah perilaku material di bawah beban siklik yang terjadi hanya dalam beberapa saat. Pada waktu material mengalami beban siklik, maka massa material mengalami transisi dari keadaan padat menjadi keadaan cair. Material yang mungkin mengalami likuefaksi terdiri dari material sangat lepas, jenuh air, bentuk butir membundar, terpilah baik, dan kandungan lempung yang sedikit (Hakam dan Darjanto, 2013).

Likuefaksi dapat terjadi pada beberapa nilai percepatan tanah puncak (Peak Ground Acceleration). Ambang batas bawah dapat terjadinya likuefaksi pada beberapa kasus yaitu 0,1 g (Magistris dkk, 2013).

Metode pembobotan *Waste Dump and Stockpile Stability Rating and Hazard Classification System* (WSRHC) digunakan untuk menilai tingkat kestabilan timbunan. Pembobotan WSRHC terbagi menjadi dua indeks, yaitu *Engineering Geology Index* (EGI) dan *Design and Performance Index* (DPI). Penentuan faktor-faktor dilakukan berdasarkan rincian pada WSRHC meliputi 22 faktor, kemudian dapat diketahui pengaruhnya terhadap kestabilan timbunan. Salah satu faktor pada pembobotan WSRHC, yaitu tingkat potensi likuefaksi pada material timbunan dan pondasi timbunan.

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan pembobotan pada salah satu faktor klasifikasi pembobotan WSRHC, yaitu faktor potensi likuefaksi. Dilakukan pengumpulan data geologi, data laboratorium, data lapangan, dan data penunjang lainnya sebagai dasar dalam menentukan potensi likuefaksi pada kawasan Timbunan MTBU. Kemudian, penentuan potensi likuefaksi dilakukan

dengan menggunakan Peta Zona Kerentanan Likuefaksi, distribusi ukuran butir, *atterberg limit*, dan angka pori. Dilakukan pengambilan sampel lapangan sebanyak sembilan titik yang tersebar pada kawasan Timbunan MTBU.

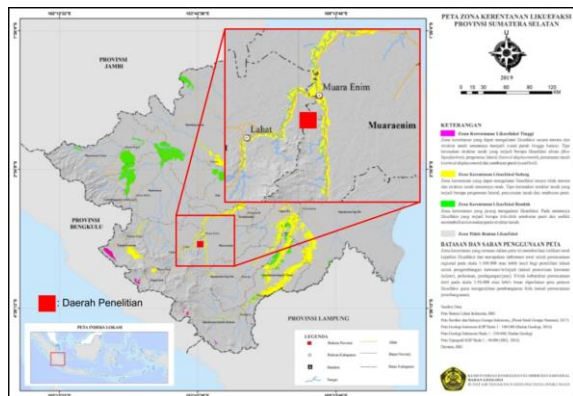
Faktor likuefaksi berperan sebagai bobot utama dalam pembobotan kestabilan timbunan karena apabila faktor potensi likuefaksi pondasi atau potensi likuefaksi material masuk pada kelas sangat tinggi, atau faktor performa masuk pada kelas sangat buruk, maka timbunan secara otomatis masuk dalam kategori WHC V (risiko sangat tinggi), berapapun nilainya (Hawley, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Likuefaksi Pondasi Timbunan

Pondasi suatu timbunan dapat berpotensi mengalami likuefaksi pada keadaan tertentu seperti gradasi yang seragam, ukuran butir kasar, angka pori tinggi, tekanan air pori berlebih, dan pengaruh beban siklik akibat gempa bumi (Hawley, 2017).

Berdasarkan Peta Zona Kerentanan Likuefaksi Provinsi Sumatra Selatan, daerah penelitian masuk dalam zona tidak rentan likuefaksi. Zona kerentanan pada peta tersebut memberikan indikasi awal perencanaan regional seperti kawasan pertambangan.



Gambar 4. Peta Zona Kerentanan Likuefaksi Provinsi Sumatra Selatan

(Badan Geologi, 2019).

Berdasarkan hasil uji distribusi ukuran butir lapisan batuan pondasi, menunjukkan dominasi ukuran butir lempung-lanau 84% dan ukuran butir pasir 16%. Ukuran butir lempung-lanau termasuk dalam kategori ukuran butir halus. Material lempung-lanau berpotensi rendah untuk mengalami likuefaksi (Hawley, 2017).

Tabel 1. Distribusi ukuran butir pada lapisan batuan pondasi timbunan.

Ukuran Butir	Persen Distribusi (%)
Lempung	45
Lanau	39
Pasir	16

Tingkat plastisitas pada material pondasi dapat mempengaruhi potensi likuefaksi. Material bersifat *sand-like* ($PI < 3$) lebih rentan terhadap likuefaksi dibandingkan dengan material *clay-like* ($PI > 8$) (Boulanger and Idriss, 2005 dalam Kramer, 2008).



Gambar 5. Pengujian Atterberg Limit di Laboratorium Mekanika Tanah PT. Bukit Asam, Tbk.

Berdasarkan hasil uji *Atterberg* Limit, nilai indeks plastisitas lapisan batuan pondasi timbunan yaitu 29,2%, tergolong dalam *clay-like*.

Tabel 2. Hasil uji Atterberg Limit pada lapisan batuan pondasi timbunan

Batas Plastis (%)	Batas Cair (%)	Indeks Plastisitas (%)
29,40	58,60	29,20

Nilai angka pori pada daerah penelitian yaitu 0,55, nilai tersebut termasuk dalam kategori kecil. Nilai angka pori yang kecil menyebabkan potensi likuefaksi kecil (Hawley, 2017).

Dari data Peta Kerentanan Zona Likuefaksi, gradasi ukuran butir, indeks

plastisitas, dan angka pori, maka daerah penelitian memiliki potensi likuefaksi tidak berarti dengan bobot 0 berdasarkan klasifikasi WSRHC.

Tabel 3. Pembobotan potensi likuefaksi pondasi timbunan.

Potensi Likuefaksi Pondasi	Sangat tinggi	Tinggi	Sedang	Rendah	Tidak Berarti
Deskripsi	Sangat seragam; sangat lepas; kemas terbuka; angka pori tinggi; bentuk butir membundar; jenuh air	Lempung ekspansif dan tanah sangat lunak	Potensi likuefaksi sedang (tidak diketahui)	Potensi likuefaksi rendah tetapi tidak dapat diabaikan	Bergradasi baik; padat; <i>matrix supported</i> ; angka pori rendah; bentuk butir menyudut; kering
Bobot	-20	-10	-5	-2,5	0

Potensi Likuefaksi Material Timbunan

Material timbunan berpotensi mengalami likuefaksi pada keadaan gradasi butir seragam, ukuran butir kasar, angka pori tinggi, dan pengaruh beban akibat gempa bumi (Hawley, 2017). Penentuan potensi likuefaksi dilakukan dengan menggunakan hasil uji distribusi ukuran butir, dan *atterberg limit* pada material timbunan.

Hasil pengujian distribusi ukuran butir material timbunan menunjukkan dominasi ukuran butir lempung-lanau dengan persentase 98% dan ukuran butir pasir 2% seperti yang ditunjukkan pada tabel 4. Ukuran butir lempung-lanau termasuk dalam kategori dominasi ukuran butir halus.

Tabel 4. Hasil uji distribusi ukuran butir pada material timbunan.

Ukuran Butir	Distribusi (%)
Lempung	56,40
Lanau	41,60
Pasir	2,00

Tingkat plastisitas pada material timbunan dapat mempengaruhi potensi

likuefaksi. Material bersifat *sand-like* ($PI < 3$) lebih rentan terhadap likuefaksi dibandingkan dengan material *clay-like* ($PI > 8$) (Boulanger and Idriss, 2005 dalam Kramer, 2008). Nilai indeks plastisitas material timbunan yaitu 21-52%, nilai tersebut tergolong dalam *clay-like* seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji Atterberg Limit material timbunan.

Kode Sampel	Plastic Limit (%)	Liquid Limit (%)	Plasticity Index (%)
TB 4	29,00	50,00	21,00
TB 6	37,00	76,00	39,00
TB 7	19,00	71,00	52,00
TB 8	45,00	87,00	42,00
TB 9	41,00	65,00	24,00
TB 10	25,00	61,00	36,00
TB 11	33,00	62,00	29,00
TB 12	35,00	56,00	21,00

Berdasarkan data gradasi ukuran butir dan indeks plastisitas maka daerah penelitian memiliki potensi likuefaksi rendah dengan bobot -2,5 menurut klasifikasi WSRHC.

Tabel 6. Pembobotan faktor likuefaksi material timbunan.

Potensi Likuefaksi Material	Sangat Tinggi	Tinggi	Sedang (tidak diketahui)	Rendah	Tidak berarti
Deskripsi	Gradasi seragam; sangat lepas; <i>clast supported</i> ; angka pori tinggi; bentuk butir membundar; jenuh air		Potensi tidak diketahui	Potensi likuefaksi rendah tetapi tidak dapat diabaikan	Gradasi baik; padat; <i>matrix supported</i> ; angka pori rendah; bentuk butir menyudut; kering
Bobot	-20	-10	-5	-2,5	0

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu kawasan Timbunan MTBU memiliki potensi likuefaksi pada pondasi timbunan maupun material timbunan.

Potensi likuefaksi pada pondasi timbunan yaitu tergolong tidak berarti. Potensi likuefaksi tidak berarti memiliki karakteristik material bergradasi baik; padat; *matrix supported*; angka pori rendah; bentuk butir menyudut; kering. Sedangkan pada material timbunan tergolong sebagai potensi likuefaksi rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. Bukit Asam, Tbk. dan semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga makalah ilmiah ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I. (2010): *Geoteknik Tambang*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Bishop, M. G. (2000): *Petroleum Systems of The Northwest Java Province, Java and Offshore Southeast Sumatra, Indonesia*. USGS: Colorado. Pp. 34.
- Das, B. M. (1995): *Soil Mechanics (The Principles of Geotechnical Engineering)*. Volume I, Erlangga, Jakarta.

Dávid, Lóránt. (2012): *Introduction to Anthropogenic Geomorphology, Studies on Environmental and Applied Geomorphology*. ISBN: 978-953-51-0361-5, InTech.

Gafoer, S., Cobrie, T., & Purnomo, J. (1986): *Geologic Map of the Lahat Quadrangle, South Sumatra*. Geological Research and Development Centre, Directorate General of Geology and Mineral Resources of Indonesia, Bandung.

Hakam, A., & Darjanto, H. (2013): *Penelusuran Potensi Likuefaksi Pantai Padang Berdasarkan Gradasi Butiran dan Tahanan Penetrasi Standar*. Journal of Civil Engineering, 20(1), 33-38.

Hawley, M., & Cunning, J. (2017): *Guidelines for mine waste dump and stockpile design*. CSIRO Publishing.

Kramer, S.L. (2008): *Evaluation of Liquefaction Hazards in Washington State*. Seattle. Washington State Transportation Center (TRAC).