Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah
Volume 4 Nomor 2 Halaman 241-246 April 2019

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

STUDI POTENSI TANAH LUNAK GAMBUT YANG DISTABILISASI DENGAN SEMEN SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN JALAN DI KALIMANTAN SELATAN

Study of Peat Soil Potential Stabilized with Cement as A Material of Road Piles in South Kalimantan

Akhmad Gazali
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari, Jl. Adhyaksa No. 2 Kayutangi, Banjarmasin, Indonesia
*Penulis koresponden: akhmadgazali51@gmail.com

Abstract

Land is one of the important materials as a basic foundation in the field of construction. Soft soil of peat in South Kalimantan generally has low soil carrying capacity and CBR value, so it is necessary to do research on the potential of soft peat soil stabilized with cement as road embankment material. To determine the criteria for landfill, a soil properties test is required in the laboratory. Soil samples were taken at four points, namely on the Handil Bakti road segment - Marabahan two points and on the Syarkawi Governor's Road segment - two point Handil Bakti. Based on the results of laboratory tests, the soft soil of the peat is classified as clay silt soil with a low CBR value, after stabilization with cement it produces CBR values that meet the requirements of embankment soil. Thus, the stabilized soft soil of peat can be used as landfill material and used by the community economically by taking into account the environmental impacts arising from excavation.

Keywords: soft peat soil, landfill material for the road, soil stabilization

1. PENDAHULUAN

Dalam suatu perencanaan konstruksi dalam bidang teknik sipil (tanggul, bangunan, lahan parkir, jalan, Ajembatan,dll), tidak jarang ditemukan kondisi tanah asli yang labil sehingga daya dukung sangat rendah dan tidak memungkinkan untuk menahan suatu sistem pembebanan di atasnya. Hal ini dapat diatasi dengan melakukan timbunan tanah di atas lapisan tanah asli dengan tanah yang memiliki potensi daya dukung memadai. Jenis tanah inilah yang dinamakan tanah timbunan dan hingga saat ini mempunyai nilai ekonomi cukup tinggi untuk berbagai keperluan dalam bidang teknik sipil. Gambaran di atas menunjukkan bahwa tanah dan disiplin ilmu teknik sipil merupakan dua hal yang sangat erat kaitannya.

Pembangunan transportasi di Kalimantan Selatan pada saat ini lebih ditekankan pada bidang pembangunan transportasi darat, hal ini dilakukan karena masih banyak daerah-darah terpencil yang belum bisa dilewati lewat transportasi darat sedangkan lewat jalur sungai disamping biaya operasionalnya yang jauh lebih besar juga bila musim kemarau sungai menjadi dangkal tidak bisa dilewati alat transportasi air seperti kapal dan kelotok (perahu motor).

Hal penting yang terkait sangat penting dengan jalan adalah pondasi bawah jalan (base) yang sebagian besar umumnya di daerah Kalimantan Selatan daya dukungnya sangat lemah karena berada di dataran rendah, rawa bergambut dan rawa pasang surut, tanahnya terdiri dari tanah organik, tanah lanau berlempung dan tanah lempung berlanau berpasir yang apabila basah sangat lembek dan bila kering terurai menjadi butiran-butiran kecil dan debu yang tidak bisa dipadatkan dengan cara dan alat apapun sehingga akan menjadi sia-sia apabila dilaksanakan dengan lapisan aspal ATB (*Asphalt Treated Base*). Pertimbangan lain yang membuat pemikiran mencari upaya lain untuk mencari jalan agar tanah organik gambut ini bisa mempunyai daya dukung besar yang mampu menerima beban lalu lintas di atasnya.

Masalah yang sering terjadi menyangkut tanah tersebut yaitu perubahan bentuk tetap dari jenis tanah tersebut akibat dari beban lalu lintas. Sifat mengembang dan menyusutkannya dari suatu tanah tersebut akibat perubahan kadar air dan daya dukung tanah yang tidak merata pada daerah dengan macam tanah yang berbeda. Pada tanah di tempat yang diteliti umumnya memiliki daya dukung tanah yang rendah dan bersifat kembang susut seperti tanah lempung yang sangat dipengaruhi

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

oleh perubahan kadar air tanah sehingga dapat mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan.

Untuk mencegah kerusakan tersebut dengan meningkatkan daya dukung tanah pondasi bawah jalan dilakukan usaha stabilitas tanah yaitu suatu usaha perbaikan tanah dengan penambahan zat aditif yaitu bahan *Portland Cement Type I* dicampur dengan tanah pada lokasi yang diteliti.

Sejak otonomi daerah mulai dilaksanakan, maka pemerintah pusat memberikan kesempatan seluas-luasnya kepada pemerintah daerah untuk memaksimalkan seluruh potensi yang ada pada masing-masing daerah tersebut. Hal ini menuntut tiap daerah untuk dapat mengenali potensinya masing-masing secara rinci. Material tanah timbunan dengan nilai ekonomi yang dimilikinya, sedikit banyak mampu memberikan sumbangan terhadap pendapatan asli daerah (PAD). Dengan demikian, diperlukan suatu penelitian pada suatu daerah atau lokasi untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan mekanis dari suatu jenis tanah timbunan sebagai parameter penentuan daya dukung. Berdasarkan hasil uji laboratorium pada lokasi titik pengambilan sampel, dapat diketahui potensi dan pemanfaatan material tanah timbunan sesuai kebutuhan untuk konstruksi sipil di Provinsi Kalimantan Selatan khususnya wilayah Kabupaten Barito Kuala dan Kabupaten Banjar, dengan memperhatikan dampak lingkungan dari penggalian pada lokasi material tanah timbunan tersebut.

2. METODE

2.1 Sampel Tanah

Sampel tanah yang diambil merupakan material tanah yang umum digunakan oleh masyarakat setempat sebagai material tanah timbunan. Sampel tanah diambil pada 4 (empat) titik tempat yaitu pada ruas Jalan Handil Bakti - Marabahan sebanyak 2 (dua) titik dan pada ruas Jalan Gubernur Syarkawi - Handil Bakti sebanyak 2 (dua) titik.

Untuk pengujian laboratorium, sampel tanah diambil dengan kedalaman kira-kira 50 cm dari permukaan tanah. Pada kondisi titak terganggu (*undisturbed sample*) sampel tanah diambil dengan menggunakan tabung. Pada kondisi tanah terganggu (*disturbed sample*) sampel tanah diambil dalam bentuk bongkahan secara manual menggunakan sekop dan cangkul, dimasukkan dalam karung dan ditutup rapat.

Penelitian di laboratorium menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui efektifitas semen sebagai bahan alternatif stabilisasi tanah dasar. Pembuatan dan pengujian terhadap sampel akan dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.

2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk uji analisis saringan, uji berat jenis, uji kadar air, uji batas-batas atterberg, uji proctor modified dan proctor standart, uji CBR dan peralatan lainnya yang ada di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat yang telah sesuai dengan standarisasi *American Society for Testing Material* (ASTM).

2.3 Benda Uji

Sampel tanah yang di uji pada penelitian ini yaitu tanah lunak gambut dengan klasifikasi lempung yang berasal dari daerah Kelurahan Handil Bakti, Kecamatan Alalak, Kabupaten Barito Kuala, Provinsi Kalimantan Selatan, bisa menggunakan air dari Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat. *Stabilizing agent* yaitu *Portland Cement*, semen yang dipakai yaitu semen Count dalam kemasan 50 kg.

2.4 Pelaksanaan Pengujian

engujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat. Pengujian yang dilakukan dibagi menjadi 2 bagian pengujian yaitu pengujian untuk tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan semen, adapun pengujian-pengujian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Sampel Tanah Asli:
   a. Pengujian Analisis Saringan;
   b. Pengujian Berat Jenis;
   c. Pengujian Kadar Air;
   d. Pengujian Batas Atterberg;
   e. Pengujian Hidrometer;
   f. Pengujian Pemadatan Tanah (*modified proctor*); dan
   g. Pengujian CBR Laboratorium (*laboratory CBR*).
2. Pengujian pada tanah yang telah dicampur dengan semen:
   a. Pengujian Pemadatan Tanah (*modified proctor*); dan
   b. Pengujian CBR Laboratorium (*laboratory CBR*).

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

2.5 Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian sampel tanah asli yang didapat, ditampilkan dalam bentuk tabel dan digolongkan berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO. Dari hasil pengujian sampel tanah asli, didapatkan data pengujian seperti : uji analisis saringan, uji berat jenis, uji kadar air, uji batas atterberg, uji pemadatan tanah (*modified proctor*), uji CBR serta kadar air optimum untuk selanjutnya dilakukan pencampuran. Dari hasil pemadatan *modified proctor* pada tanah yang dicampur dengan semen didapatkan hasil pengujian dalam bentuk tabel dan grafik. Dari hasil pengujian parameter CBR Laboratorium, nilai kekuatan daya dukung tanah asli maupun tanah yang dicampur dengan semen akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara nilai peningkatan/ penurunan nilai CBR Laboratorium dengan pemadatan *modified proctor*. Dari tabel dan grafik nilai CBR tersebut maka akan didapatkan penjelasan mengenai perbandingan kualitas daya dukung tanah yang terjadi pada masing-masing penetrasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Tanah Asli

Pengujian tanah asli dilakukan untuk mendeskripsikan suatu jenis tanah. Pengujian tanah asli juga diperlukan sebagai pertimbangan untuk merencanakan suatu jenis pekerjaan konstruksi. Sifat fisik tanah (*Index Properties*) yaitu sifat tanah dalam keadaan asli, yang digunakan untuk menentukan jenis tanah. Sedangkan sifat mekanik tanah (*Mechanical Properties*) bertujuan untuk mengetahui kekuatan dari jenis tanah yang diuji.

Dari hasil pengujian sampel tanah asli di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat didapatkan bahwa hasil pengujian sifat-sifat fisik dan mekanik pada kedua tempat tersebut memiliki sifat yang hampir sama satu sama lain (Tabel 1, Tabel 2).

3.2 Klasifikasi Tanah

Sistem Klasifikasi AASHTO. Klasifikasi tanah berdasarkan sistem AASHTO mengikuti prosedur sebagai berikut:

a. Dari hasil pemeriksaan analisa saringan, persentase material lolos saringan No. 200 (0,075 mm) = 86,45% > 35%, maka tanah tersebut termasuk dalam klasifikasi tanah berbutir halus (tanah-tanah lanau-lempung) kelompok A-4, A-5, A-6 dan A-7.

Tabel 1. Hasil pengujian sifat-sifat fisik dan mekanik tanah asli pada ruas Jalan Handil Bakti – Marabahan

No.	Pengujian		Sampel Titik 1	Sampel Titik 2
1.	Kadar Air	%	43,49	41,37
2.	Berat Jenis		2,42	2,38
3.	Berat Volume Kering	gr/cm^3	1,07	1,12
4.	Batas-Batas Atterberg			
	a. Batas Cair	%	42,03	41,25
	b. Batas Plastis	%	34,00	34,22
	c. Indeks Plastisitas	%	9,91	9,63
5.	Gradasi lolos # 200	%	86,45	83,61
6.	Analisa Hidrometer	%	22,1731	20,9912
7.	CBR_{Lab}	%	4,0639	4,0165

Tabel 2. Hasil pengujian sifat-sifat fisik dan mekanik tanah asli pada ruas Jalan Gubernur Syarkawi - Handil Bakti

No.	Pengujian	Satuan	Sampel Titik 1	Sampel Titik 2
1.	Kadar Air	%	42,44	43,21
2.	Berat Jenis		2,31	2,44
3.	Berat Volume Kering	gr/cm^3	1,19	1,06
4.	Batas-Batas Atterberg			
	a. Batas Cair	%	43,29	43,85
	b. Batas Plastis	%	35,62	33,98
	c. Indeks Plastisitas	%	8,67	9,05
5.	Gradasi lolos # 200	%	84,21	85,74
6.	Analisa Hidrometer	%	21,8753	21,254
7.	CBR_{Lab}	%	3,9177	4,0321

b. Dari hasil pemeriksaan Batas-batas Atterberg didapat nilai Batas Cair (LL) = 42,03% > 40% dan Indeks Plastisitas (PI) = 9,91% < 10 % maka tanah tersebut termasuk kelompok A-5 tanah berlanau (Gambar 1).

Kelompok A-5 merupakan kelompok tanah lanau berlempung yang mengandung lebih banyak butir-butir pasir, sehingga sifat plastisitasnya lebih besar dari kelompok A-4.

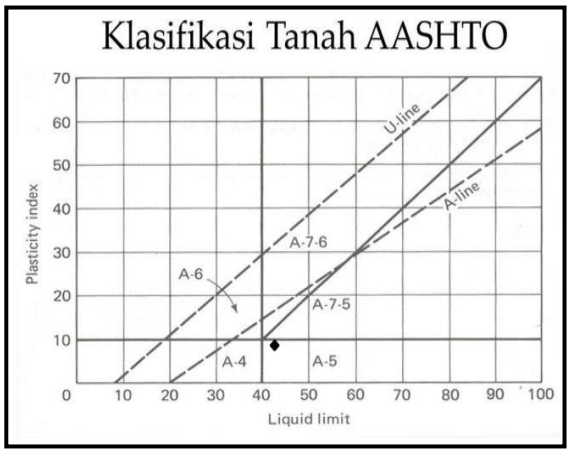
Berdasarkan hasil pemeriksaan sifat fisik tanah pada Tabel 1, diperoleh nilai indeks kelompok (*group index*) tanah sebagai berikut:

GI = (F – 35) [0,2 + 0,005 (LL – 40)] + 0,01 (F – 15) (PI – 10) = (86,45 – 35) [0,2 + 0,005 (42,03 – 40)] + 0,01 (86,45 – 15) – (9,91 – 10) = 9,995 ≈ 10

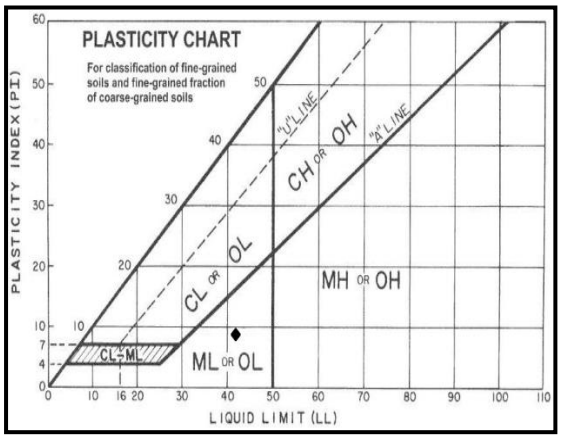
Jadi tanah diklasifikasikan sebagai tanah lanau berlempung dalam kelompok A – 5 (10).

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980



Gambar 1. Grafik klasifikasi tanah berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO



Gambar 2. Grafik klasifikasi tanah berdasarkan Sistem Klasifikasi UNIFIED & ASTM

Sistem Klasifikasi USCS. Klasifikasi tanah berdasarkan sistem USCS mengikuti prosedur sebagai berikut:

a. Dari hasil pemeriksaan analisa saringan, persentase material lolos saringan No.200 (0,075 mm) 86,45 > 50%, maka tanah tersebut termasuk ke dalam tanah berbutir halus.
b. Dari hasil pemeriksaan batas-batas Atterberg didapat nilai Batas Cair (LL) = 42,03% < 50 %, maka tanah tersebut termasuk kelompok ML, CL dan OL.
c. Dari grafik Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) (Gambar 2) setelah nilai LL dan PI diplot, titik tersebut berada di bawah garis A, maka tanah tersebut termasuk kelompok ML dan OL.

Kelompok ML merupakan kelompok lanau anorganik dan pasir sangat halus, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung dengan plastisitas rendah. Jadi tanah diklasifikasikan sebagai tanah lanau berlempung dalam kelompok ML.

3.3 Pengujian Pemadatan Tanah *Modified Proctor*

Pengujian pemadatan tanah yang telah dicampur dengan semen portland dilakukan dengan metode *modified proctor* serta dengan variasi kadar semen yang berbeda yaitu 10% dan 15%. Kemudian dilakukan pemeraman dengan durasi 21 hari.

Nilai kadar air optimum mengalami penurunan pada pada setiap penambahan kadar semennya, namun penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan (Tabel 3). Selain itu, pada juga diperoleh suatu kesimpulan bahwa semakin bertambah kadar semen, semakin meningkat nilai berat volume kering maksimum (γ_d).

Tabel 3. Nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum

Kadar Semen (%)	Kadar Air Optimum (%)	Berat Volume Kering Maksimum (gr/cm^3)
0	43,490	1,070
10	41,103	1,127
15	39,951	1,182

3.4 Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian CBR Laboratorium pada penelitian ini menggunakan metode pemadatan *modified proctor*. Pengujian CBR ini dilakukan pada tanah yang telah dicampur semen dengan kadar 10% dan 15%.

Nilai CBR Laboratorium mengalami kenaikan sesuai dengan peningkatan kadar semen yang digunakan, sehingga dapat disimpulkan bahwa seiring penambahan kadar semen telah meningkatkan nilai CBR dan nilai daya dukung tanah lunak gambut (Tabel 4). Selain itu, juga dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pemeraman, maka semakin meningkat pula nilai CBR dan nilai daya dukung tanah lunak gambut. Dengan demikian, tanah lunak gambut yang sudah distabilisasi tersebut dapat dipergunakan sebagai material tanah timbunan dan dimanfaatkan oleh masyarakat secara ekonomi dengan memperhatikan dampak lingkungan yang timbul akibat penggalian.

Tabel 4. Hasil pengujian CBR laboratorium

Kadar Semen (%)	CBR Laboratorium (%)		
	7 Hari	14 Hari	21 Hari
0	4,0639	4,0639	4,0639
10	6,161	10,534	14,725
15	8,967	13,621	18,039

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

Dengan demikian, material tanah lunak gambut yang belum termanfaatkan oleh masyarakat secara ekonomi, setelah penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan potensinya sehingga dapat menambah penghasilan penduduk sekitar ruas jalan tersebut dan dapat meningkatkan pendapatan asli daerah (PAD) pada daerah tersebut. Hal ini disebabkan tanah lunak gambut mempunyai nilai ekonomi yang cukup menjanjikan. Masyarakat dapat memanfaatkan atau membeli tanah lunak gambut di sekitar lokasi untuk meningkatkan tingkat perekonomian dan lahan bekas galian dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain, sebagai lahan pertanian atau lainnya. Selain itu, penggunaan tanah lunak gambut untuk kebutuhan konstruksi akan dapat meningkatkan pendapatan asli daerah (PAD) di Kabupaten Barito Kuala Provinsi Kalimantan Selatan.

Dalam pelaksanaan penggalian tanah lunak gambut untuk kebutuhan konstruksi, masyarakat pada umumnya kurang memperhatikan masalah lingkungan yang ditimbulkan dari usaha tersebut. Saat musim hujan, bekas galian tanah lunak gambut akan dapat menimbulkan genangan air dan kelongsoran, sehingga dapat membahayakan masyarakat sekitar sumber tanah lunak gambut tersebut atau hewan jika sampai terperangkap ke dalam bekas galian. Oleh karena itu perhatian dari Pemerintah Daerah Kabupaten Barito Kuala Provinsi Kalimantan Selatan, khususnya Bapedalda (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah) serta pamong desa setempat, sangat diharapkan, sehingga dampak negatif akibat penggalian tanah lunak gambut dapat diminimalisir. Hal ini sangat penting dalam hal mengatasi kerusakan lingkungan, sehingga akan dapat dihindari bahaya yang terjadi akibat penggalian material tanah timbunan tersebut.

4. SIMPULAN

Pada Ruas Jalan Handil Bakti - Marabahan dan Ruas Jalan Gubernur Syarkawi - Handil Bakti terdapat lokasi yang berpotensi sebagai sumber tanah timbunan yang cukup baik.

Dari hasil pengujian sifat fisik, menurut AASHTO dan USCS tanah lunak gambut di Kalimantan Selatan dapat dikategorikan sebagai tanah lanau berlempung. Selain itu, berdasarkan hasil pengujian sifat mekanik diperoleh bahwa tanah lunak gambut di Kalimantan Selatan memiliki berat volume kering sebesar 1,07 gr/cm^3 (< 1,5 gr/cm^3 berarti daya dukung tanah rendah) dan CBR_{lab} sebesar 4,0639% (Nilai CBR < 6% berada pada kategori rendah), sehingga dikategorikan buruk dan perlu distabilisasi.

Dari hasil uji pemadatan *modified proctor*, penambahan campuran semen pada tanah lunak gambut terbukti meningkatkan nilai berat volume maksimum (γ_d) secara berlanjut dari kadar semen 10% dan 15%. Untuk nilai kadar air optimum terjadi penurunan pada pada setiap kadar semennya, namun penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan.

Penambahan semen portland terbukti mampu meningkatkan daya dukung tanah karena semakin besar nilai CBR tanah, maka semakin besar pula nilai daya dukung tanah tersebut.

Dari hasil pengujian CBR Laboratorium dengan pemadatan *modified proctor* didapatkan peningkatan tertinggi nilai CBR pada tanah lunak gambut dengan campuran semen pada kadar semen 15% dalam durasi pemeraman 21 hari sebesar 18,039%. Dengan demikian, tanah lunak gambut yang sudah distabilisasi tersebut cukup layak digunakan sebagai tanah timbunan pada konstruksi jalan.

5. SARAN

Pemerintah Kabupaten Barito Kuala Provinsi Kalimantan Selatan sebaiknya melakukan kajian lebih lanjut tentang potensi tanah lunak gambut sebagai material timbunan jalan, serta memberikan perhatian lebih terhadap potensi tanah timbunan yang ada di Ruas Jalan Handil Bakti - Marabahan dan Ruas Jalan Gubernur Syarkawi - Handil Bakti tersebut, sehingga dapat dimanfaatakan lebih maksimal untuk meningkat perekonomian masyarakat sekitar dan penambahan pendapatan asli daerah (PAD).

Pemanfaatan tanah lunak gambut yang ada pada Ruas Jalan Handil Bakti - Marabahan dan Ruas Jalan Gubernur Syarkawi - Handil Bakti oleh masyarakat, sebaiknya perlu dilaksanakan sosialisasi terhadap bahaya kerusakan lingkungan dengan tetap memperhatikan dampak negatif akibat dari usaha tanah timbunan ini. Hal ini untuk mencegah terjadinya sesuatu yang dapat merugikan masyarakat sekitar lokasi tanah timbunan itu sendiri.

Perlu analisis terhadap dampak lingkungan yang akan timbul akibat penggalian material tanah timbunan pada lokasi material, terutama bila penggalian dilakukan dengan skala besar.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

6. DAFTAR PUSTAKA

Bowles JE. 1991. *Analisa dan Desain Pondasi, Edisi Keempat Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.

Das BM. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Erlangga, Jakarta.

Dipohusodo, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Hardiyatmo HC. 2002. Teknik Pondasi 2 Edisi Kedua. Beta Offset, Yogyakarta.

Nakazawa K, Sosrodarsono S. 2000. *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi, Cetakan Ketujuh*. PT. Pradnya Paramha, Jakarta.

Pandiangan B *et al*. 2016. Pengaruh variasi waktu pemeraman terhadap daya dukung tanah lempung dan lanau yang distabilisasi menggunakan semen pada kondisi tanpa rendaman (*Unsoaked*). *Jurnal JRSDD*.

Pumomo ESJ, Soedarmo GD. 1997. *Mekanika Tanah 2*. Kanisius, Malang

Silvia, Sukirman. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.

Subakti A. 1994. *Teknologi Beton dalam Praktik*. FTS ITS, Surabaya.

Tjokrodimuljo K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri, Yogyakarta.

Wesley LD. 1977. *Mekanika Tanah Cetakan VI*. Badan Pekerjaan Umum, Jakarta.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat