

PENGARUH PENAMBAHAN TANAH MINERAL DAN SEMEN TERHADAP NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) TANAH GAMBUT

Andriani^{1*}, H. G. Putra¹ dan M. S. N. Hadie¹

¹ Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang
Corresponding author: andriani.stmt@gmail.com

ABSTRAK: Pembangunan jalan di lahan basah menimbulkan masalah karena tanah penyusun terdiri dari tanah lunak dan bergambut. Tanah gambut mempunyai sifat yang kurang menguntungkan dari segi teknik karena memiliki daya dukung yang rendah dan potensi penurunan yang besar, sehingga menyebabkan kerusakan pada konstruksi jalan. Salah satu cara yang digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah gambut adalah dengan menambahkan bahan *additive*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan tanah mineral dan semen terhadap nilai California Bearing Ratio (CBR) tanah gambut. Tanah gambut dan tanah mineral yang digunakan berasal dari daerah Air Sugihan, Kabupaten Ogan Komering Ilir. Perbandingan tanah gambut dan mineral yang digunakan adalah 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 dan 5:5 dengan kadar semen tetap yaitu 5 % terhadap berat kering tanah campuran. Sampel tanah diperam selama 3 dan 7 hari dengan kondisi direndam (selama 4 hari) dan tidak direndam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan bertambahnya persentase tanah mineral menyebabkan meningkatnya berat jenis tanah, indeks plastisitas, berat kering optimum dan nilai CBR tanah sebaliknya kadar air dan indeks pengembangan tanah mengalami penurunan. Hasil optimal diperoleh pada sampel dengan perbandingan tanah gambut dan mineral 5:5 yang distabilisasi dengan kadar semen 5 % yaitu menghasilkan nilai CBR sebesar 14,21 % dan indeks pengembangan sebesar 0,3 %. Dengan meningkatnya nilai CBR maka daya dukung tanah akan meningkat sehingga dapat mereduksi tebal lapis perkerasan dan konstruksi jalan tetap stabil.

Kata Kunci: Gambut, Tanah mineral, Semen, Stabilisasi, CBR

ABSTRACT: Road construction in the lowlands is problematic because the soils consists of peat and soft soils. Peat soils are technically disadvantageous because have low bearing capacity and a large potential for subsidence, causing damage to road construction. One of the methods used to increase the bearing capacity of peat soils is to add additive material. The purpose of this study was to analyze the effect of the addition mineral soil and cement to the value of California Bearing Ratio (CBR) of peat soils. The peat and mineral soils used are from the Air Sugihan area, Ogan Komering Ilir Regency. The ratio of peat soil and minerals used is 9: 1, 8: 2, 7: 3, 6: 4 and 5: 5 with fixed cement content which is 5% of the dry weight of mixed soil. Soil samples were aged for 3 and 7 days with the condition soaked (for 4 days) and unsoaked. The results showed that the increase in the percentage of mineral soil caused an increase in soil density, plasticity index, optimum dry weight and soil CBR value otherwise the water content and soil development index decreased. Optimal results were obtained on samples with a ratio of 5: 5 peat soils and minerals stabilized with a cement content of 5%, resulting in a CBR value is 14,21 % and a swelling index is 0.3%. The increase in the value of the CBR, the bearing capacity of the soil will increase so as to reduce the thickness of the pavement layers and the road construction remains stable.

Keywords: Peat, Mineral soil, Cement, Stabilization, CBR

PENDAHULUAN

Daerah Air Sugihan merupakan salah satu kawasan lahan basah yang terletak di Pantai Timur Pulau Sumatera. Pada umumnya kawasan ini merupakan dataran rendah dengan kemiringan lereng 0 – 2 % dan tersusun oleh daerah rawa gambut berumur kuartar, yang terdiri dari satuan sedimen holosen, endapan aluvial, endapan tanggul dan endapan gambut. Endapan dasar gambut terdiri dari lempung dengan kandungan partikel organik yang mempunyai ketebalan 1 – 7,5 meter (Intan *et al*, 2015). Wahyunto *et al* (2010) mengatakan bahwa ketebalan tanah gambut di sepanjang Pantai Timur Pulau Sumatera terus meningkat sedangkan tingkat dekomposisinya semakin rendah.

Dalam rangka pengembangan kawasan Air Sugihan menjadi kawasan perkebunan dan menunjang kegiatan perekonomian di kawasan ini maka prasarana jalan sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Sejak tahun 2015 daerah Air Sugihan sudah dapat ditempuh dengan menggunakan jalan darat, tetapi kendala kerusakan jalan kerap kali dijumpai di kawasan Air Sugihan. Hal ini disebabkan tanah dasar yang tersusun oleh lapisan tanah gambut dan lempung lunak. Sifat fisik dan kimia tanah gambut dipengaruhi oleh kandungan mineral, ketebalan tanah, jenis tanaman penyusun gambut, jenis mineral pada substratum, dan tingkat dekomposisi gambut (Rahman and Ming, 2015). Adapun sifat fisik tanah gambut yaitu mempunyai kadar air yang tinggi ($> 100\%$), berat isi yang kecil, kapasitas dukung tanah yang rendah, penurunan muka tanah yang besar, kemampumampatan yang tinggi akibat tersusun dari bahan organik, dan mengering tidak balik (*irreversible drying*). Sedangkan sifat kimia tanah gambut biasanya memiliki keasaman yang tinggi dan mengandung logam Fe. Pada umumnya jenis tanah ini mempunyai daya dukung yang rendah dan potensi pengembangan yang tinggi sehingga konstruksi jalan mudah mengalami kerusakan (aminur *et al*, 2011; kazemian *et al*, 2011; al-ani *et al*, 2013; huat *et al*, 2014; andriani *et al*, 2016).

Perbaikan *subgrade* jalan dapat dilakukan dengan menggunakan stabilisasi secara fisik dan kimiawi. Banyak hal yang harus dipertimbangkan untuk memilih jenis perbaikan tanah yang cocok dengan kondisi di lapangan. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan antara lain jenis tanah, kedalaman tanah lunak/ organik, kemudahan pengerjaan dan kontrol di lapangan, ketersediaan material dan peralatan serta biaya (Andriani and Yuliet, 2010). Perbaikan *subgrade* jalan bertujuan untuk meningkatkan kapasitas dukung tanah dasar yaitu nilai *California Bearing Ratio* (CBR) dan kuat tekan bebas (Kolay *et al.*, 2011; Kononen *et al.*, 2015). Nilai CBR adalah bilangan perbandingan dalam persen antara tekanan yang

diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas 3 inch² dengan kecepatan penetrasi 0,05 inch/menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembus sesuatu bahan standar tertentu (Sukirman, 1992). Semakin tinggi nilai CBR maka konstruksi perkerasan jalan akan semakin stabil dan kerusakan jalan dapat direduksi. Selain itu juga nilai CBR tanah yang tinggi akan mempengaruhi tebal lapis perkerasan, semakin tinggi nilai CBR maka lapis perkerasan akan semakin tipis sehingga dapat menghemat biaya konstruksi. Salah satu metode perbaikan *subgrade* jalan pada tanah gambut adalah dengan menambahkan bahan stabilisasi seperti semen, kapur, abu sekam padi, abu terbang dan lain-lain. (Hebib and Farell, 2003; Kolay and Suraya, 2007; Ilyas *et al.*, 2008; Hashim and Islam, 2008; Kalantari and Huat, 2008; Borthakur and Singh, 2014; Norazam *et al.*, 2017). Tujuan perbaikan tanah secara kimiawi adalah untuk memperbaiki sifat fisik tanah sehingga nilai kapasitas dukung tanah akan meningkat. Hasil penelitian menunjukkan meningkatnya nilai CBR dan kuat tekan bebas akibat penambahan bahan-bahan tersebut. Pada penelitian ini digunakan tanah mineral dan semen sebagai bahan stabilisasi pada tanah gambut. Adanya penambahan bahan stabilisasi ini diharapkan dapat meningkatkan nilai CBR tanah gambut.

LOKASI PENELITIAN

Sampel tanah gambut yang digunakan pada penelitian ini berasal dari daerah Air Sugihan, Kabupaten Ogan Komering Ilir sedangkan tanah mineral berasal dari wilayah Palembang. Sampel tanah yang digunakan dalam kondisi terganggu dan tidak terganggu. Sampel tanah tidak terganggu diambil dengan menggunakan pralon dan tabung CBR selanjutnya tabung tersebut ditutup dengan lapisan lilin agar kadar air sesuai dengan kondisi di lapangan. Secara geografis Kecamatan air sugihan terletak di titik koordinat -2.57504 °S dan 105.29959 °E, dengan luas wilayah 2.593,82 km² (Rakhmat, 2016). Gambar 1 menunjukkan lokasi pengambilan sampel tanah gambut.



Gambar 1 Lokasi pengambilan sampel tanah gambut.

METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar penelitian ini dikelompokkan menjadi 2 yaitu pengujian pendahuluan dan pengujian utama.

Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan pada tanah gambut meliputi uji kadar serat, kadar abu, kandungan organik, berat jenis dan kadar air asli di lapangan. Sedangkan pengujian pendahuluan pada tanah mineral meliputi uji kadar air (ASTM D2216-98), berat jenis (ASTM D854-58), gradasi butiran (ASTM D421-58), batas-batas Atterberg (ASTM D423-66, ASTM D424-59, ASTM D427-61). Dari hasil pengujian pendahuluan akan diperoleh jenis gambut dan jenis tanah mineral serta sifat fisik jenis tanah tersebut. Klasifikasi tanah gambut berdasarkan ASTM D-4427, ASTM D-2488 dan Von Post (1992). Sedangkan klasifikais tanah mineral berdasarkan sistem *Unified Soil Classification System* (USCS) dan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO)

Pengujian Utama

Setelah dilakukan uji pendahuluan selanjutnya dilakukan pengujian utama yaitu uji Pemadatan (ASTM D698-78), *California Bearing Ratio* (CBR) berdasarkan ASTM D1883-87 dan uji pengembangan (*swelling*) berdasarkan ASTM D4546-90. Pada penelitian ini digunakan 5 variasi perbandingan tanah gambut dan tanah mineral yaitu :

- Sampel 1 tanah gambut : tanah mineral = 9 : 1
- Sampel 2 tanah gambut : tanah mineral = 8 : 2
- Sampel 3 tanah gambut : tanah mineral = 7 : 3
- Sampel 4 tanah gambut : tanah mineral = 6 : 4
- Sampel 5 tanah gambut : tanah mineral = 5 : 5

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen tipe 1 merk Holcim. Kadar semen yang digunakan untuk masing-masing variasi campuran adalah 5 % terhadap berat kering tanah campuran.

Sebelum dilakukan uji CBR terlebih dahulu dilakukan proses pemadatan pada masing-masing variasi sampel untuk memperoleh berat kering maksimum (γ_{dry} maksim) dan kadar air optimum ($w_{optimum}$). Selanjutnya hasil pemadatan akan digunakan untuk proses pembuatan sampel CBR. Uji CBR dilakukan dengan 2 kondisi yaitu : direndam (*soaked*) dan tidak direndam (*unsoaked*). Nilai CBR dihitung dengan persamaan di bawah ini :

Penetrasi 0,1” (0,254 cm)
 $CBR (\%) = (P1/1000) \times 100 \%$ (1)
 Penetrasi 0,2 “ (0,508 cm)

$CBR (\%) = (P2/15000) \times 100 \%$ (2)

Uji pengembangan (*swelling*) dilakukan pada sampel CBR yang rendam selama 4 hari. Untuk menghitung pengembangan digunakan rumus :

$S = (\Delta H/Ho) \times 100 \%$ (3)

dengan ΔH : pengembangan (%) , H1-Ho

H1 : tinggi sampel tanah setelah direndam 4 hari

Ho : tinggi sampel tanah sebelum direndam

HASIL PENGUJIAN PENDAHULUAN

Pengujian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik tanah sebelum dilakukan stabilisasi.

Tabel 1 Hasil Uji Pendahuluan Tanah Gambut dan Tanah Mineral.

Jenis Pengujian	Tanah Gambut	Tanah Mineral
Kadar air asli (%)	143 – 260	20,78
Berat jenis	1,47 – 1,61	2,66
Batas Cair	NP	31,25
Batas Plastis	NP	18,96
Indeks Plastisitas	NP	12,28
Butiran lolos #200	-	56,20
Butiran tertahan #200	-	43,80
Kadar serat (%)	7, 23	-
Kandungan organik (%)	78,56	-
pH	4,5	7
Kandungan mineral (%)		
SiO ₂	-	75,25
Fe ₂ O ₃	-	11,06
Al ₂ O ₃	-	2,98
CaO	-	0,10
MgO	-	0,38
γ_{dry} maks (kN/m ³)	4,11	19,52
OMC (%)	113	12
CBR unsoaked (%)	4,28	16,31
CBR soaked (%)	2,13	8,46
Swelling (%)	4,16 %	0,63 %

NP : Non Plastis

Pada umumnya ketebalan tanah gambut di kawasan Air Sugihan kurang dari 1 meter, sehingga dikategorikan sebagai tanah gambut dengan ketebalan dangkal. Pengujian kedalaman tanah gambut dilakukan pada beberapa titik dengan menggunakan bor tanah.

Tabel 1 menunjukkan hasil uji pendahuluan tanah gambut dan tanah mineral. Berdasarkan hasil pengujian pendahuluan tanah gambut di kawasan Air Sugihan termasuk jenis tanah gambut dengan tingkat dekomposisi

matang (*sapric*) karena kandungan serat 7,23 % (< 33 %). Menurut Von Post tanah gambut di kawasan ini dikelompokkan dengan tingkat dekomposisi H₉₋₁₀. Sedangkan menurut USCS, berdasarkan warna coklat kehitaman, bau yang khas serta kandungan organik yang tinggi maka tanah di kawasan ini termasuk tanah gambut/*peat*. Menurut AASHTO termasuk ke dalam klasifikasi A8 yaitu sangat buruk apabila digunakan sebagai *subgrade* tanah dan memerlukan perbaikan tanah. Hasil pengujian CBR juga menunjukkan bahwa tanah gambut mempunyai kapasitas dukung yang rendah (nilai CBR *soaked* < 4 %) dan potensi pengembangan yang tinggi (nilai *swelling* > 4 %). Dengan kondisi fisik tanah gambut seperti di atas maka perlu dilakukan perbaikan tanah agar dapat digunakan sebagai *subgrade* jalan.

Klasifikasi dengan menggunakan USCS menunjukkan bahwa tanah mineral yang digunakan pada penelitian ini merupakan tanah lempung tak organik dengan plastitas rendah sampai dengan sedang (CL) sedangkan berdasarkan AASHTO diklasifikasikan sebagai tanah A-6 (termasuk tanah berlempung) dengan kategori *subgrade* jalan sedang sampai dengan buruk. Dilihat dari nilai CBR tanah mineral ini mempunyai nilai CBR *soaked* yaitu 8,46 % (CBR > 4 %) dan potensi pengembangan yang kecil yaitu 0,63 % (S < 4 %) sehingga masih layak digunakan sebagai *subgrade* jalan.

HASIL UJI PEMADATAN

Uji pemadatan bertujuan untuk mempertinggi kuat geser tanah, mengurangi sifat mudah mampat, mengurangi permeabilitas dan mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air dan lain-lain. Dari hasil uji pemadatan akan diperoleh berat kering maksimum ($\gamma_{dry\ maks}$) dan kadar air optimum ($w_{optimum}$), kedua nilai ini digunakan sebagai dasar pembuatan sampel CBR.

Tabel 2 Hasil pengujian pemadatan

Variasi campuran (gambut : mineral) + 5 % semen	Hasil Pemadatan	
	$\gamma_{dry\ maks}$ (kN/m ³)	W opt (%)
5 : 5	60,50	0,818
6 : 4	75,50	0,705
7 : 3	89,00	0,579
8 : 2	96,00	0,513
9 : 1	102,06	0,468
10 : 0	113,00	0,389

Dari Tabel 2 di atas terlihat seiring penambahan tanah sampel mengalami kenaikan. Semakin banyak jumlah

tanah mineral menyebabkan nilai berat kering maksimum meningkat. Hal ini disebabkan karena penambahan bahan stabilisasi yaitu tanah mineral dan semen menyebabkan mikropori dan makropori pada tanah gambut akan ditutupi oleh bahan stabilisasi sehingga akan air yang berada di mikropori dan makropori tanah gambut akan terdesak keluar dan diisi oleh bahan tambah. Penambahan tanah mineral dan semen juga akan menyebabkan substitusi ion Ca²⁺ pada tanah gambut. Adanya substitusi ion kalsium ini akan menyebabkan gradasi tanah menjadi lebih seragam sehingga partikel tanah menjadi lebih rapat dan volume antar rongga butiran menjadi berkurang.

Dari Tabel 2 juga terlihat bahwa semakin bertambahnya tanah mineral pada sampel menyebabkan nilai kadar air optimum menjadi berkurang. Hal ini disebabkan oleh tertutupnya mikropori dan makropori tanah gambut akibat bahan tambah dan adanya semen yang membutuhkan air yang cukup untuk proses hidrasi. Penambahan semen akan menyebabkan tanah menjadi lebih padat dan rapat sehingga sulit ditembus air.

HASIL UJI CBR

Salah satu cara untuk menentukan kapasitas dukung tanah adalah dengan menguji nilai CBR tanah tersebut. Besarnya kapasitas dukung tanah dipengaruhi oleh kualitas bahan, lekatan antar butiran dan kepadatannya. Ikatan antar butiran merupakan kemampuan saling mengunci antar butiran dan adanya lekatan antar permukaan butiran tersebut, semakin kuat ikatan antar butiran akan menghasilkan nilai CBR yang tinggi demikian pula sebaliknya.

Tabel 3 Hasil uji CBR

Variasi campuran (gambut : mineral) + 5 % semen	3 hari		7 hari	
	CBR <i>Unsoaked</i> (%)	CBR <i>Soaked</i> (%)	CBR <i>Unsoaked</i> (%)	CBR <i>Soaked</i> (%)
5 : 5	17.76	11.47	21.3	14.21
6 : 4	15.48	8.45	17.82	12.56
7 : 3	12.44	7.76	14.72	10.13
8 : 2	8.79	6.18	10.26	6.14
9 : 1	6.68	2.61	7.75	4.06
10 : 0	4.28	2.13	4.28	2.13

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa penambahan tanah mineral dan semen 5 % menyebabkan naiknya nilai CBR, semakin banyak komposisi tanah mineral dan semakin lama proses pemeraman sampel maka nilai CBR semakin meningkat. Peningkatan nilai CBR sampel disebabkan

adanya reaksi antara tanah gambut, tanah mineral dan semen. Semakin banyak kandungan tanah mineral maka ikatan yang terjadi akan semakin kuat. Hal ini dikarenakan adanya unsur mineral pada tanah mineral yang akan menggantikan/ substitusi unsur Si, Al, Ca pada semen. Proses pertukaran kation akan terjadi dengan sempurna karena adanya unsur-unsur mineral tersebut.

Semakin lama proses pemeraman/ perawatan sampel juga akan mempengaruhi nilai CBR. Semakin lama proses pemeraman sampel maka nilai CBR akan terus meningkat. Hal ini disebabkan oleh semakin lama proses pemeraman maka proses hidrasi antara tanah dan semen terus berlangsung sehingga menyebabkan ikatan yang terbentuk antar butiran tanah dengan semen semakin baik sehingga akan menghasilkan kapasitas dukung tanah yang tinggi.

Kondisi perendaman juga akan mempengaruhi nilai CBR. Tanah dengan kondisi tidak direndam (*unsoaked*) mempunyai nilai CBR yang lebih tinggi dibandingkan dengan CBR rendaman (*soaked*). Hal ini disebabkan pada proses perendaman adanya air yang masuk melalui pori-pori sehingga ikatan menjadi lemah dan tanah berpotensi mengalami pengembangan (*swelling*).

HASIL UJI PENGEMBANGAN

Uji potensi pengembangan dilakukan pada sampel yang direndam selama 4 hari.

Tabel 4 Hasil uji potensi pengembangan

Variasi campuran (gambut : mineral) + 5 % semen	Nilai Pengembangan (%)	
	3 hari	7 hari
5 : 5	0,57	0,30
6 : 4	1,45	0,78
7 : 3	2,14	1,34
8 : 2	2,87	1,87
9 : 1	3,94	2,45
10 : 0	4,16	4,16

Tabel 4 menunjukkan hasil uji potensi pengembangan. Semakin bertambahnya tanah mineral pada sampel dan semakin lama proses pemeraman sampel menyebabkan turunnya nilai potensi pengembangan. Hal ini disebabkan oleh adanya bahan stabilisasi menyebabkan rongga tanah gambut semakin lebih padat, rapat dan kompak sehingga sulit ditembus air. Adanya tanah mineral dan semen pada tanah gambut menyebabkan terjadi ikatan yang kuat antar butiran, selain itu adanya kandungan bahan mineral menyebabkan ikatan yang kuat antar tanah gambut dan

semen, sehingga proses oksidasi dan hidrasi akan berjalan secara sempurna.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil uji pendahuluan disimpulkan bahwa tanah gambut di kawasan Air Sugihan termasuk jenis tanah gambut dengan tingkat kematangan sapric (kadar serat < 33 %) dan tanah gambut dangkal (ketebalan < 1 m).
2. Dari hasil pengujian utama tanah gambut mempunyai nilai CBR yang kecil (CBR *soaked* < 4 %), sedangkan nilai potensi pengembangan yang besar (S > 4 %).
3. Stabilisasi tanah gambut dengan menggunakan tanah mineral dan semen dapat meningkatkan nilai CBR dan mereduksi potensi pengembangan tanah gambut.
4. Semakin bertambah perbandingan tanah mineral dan lama pemeraman akan menyebabkan nilai CBR semakin meningkat dan nilai potensi pengembangan mengalami penurunan.
5. Variasi tanah gambut dan tanah mineral dengan perbandingan 5 : 5 ditambah kadar semen 5 % menyebabkan nilai CBR meningkat menjadi 21,3 % dan nilai potensi pengembangan menjadi 0,3 %.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Ani, H., Oh, E. and Chai, G. (2013). Characteristics of Embedded Peat in Coastal Environments, International Journal of GEOMATE. 5 (1) : 609-618.

Aminur, M.R., Kolay, P.K., Taib, S.N.L, et al. (2011). Physical, Geotechnical and Morphological Characteristics of Peat Soils From Sarawak. Journal- The Institution of Engineers, Malaysia. 72(4) : 12-16.

Andriani, Ibrahim, E., Putranto, D.D.A. and Affandi, A.K. (2016). Characteristics of Peat Soil at Housing Area at Tanjung Api-Api, Banyuasin - Indonesia. The 4th International Conference on Sustainable Built Environment (ICSBE 2016): 559 - 567.

Andriani, Yuliet, R. (2010). Problema Tanah Mengembang dan tanah Gambut dalam Rekayasa Sipil. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

Borthakur, N and Singh, M.S. (2014). Stabilization of Peat soil using locally available admixture. International Journal of Advances in Computer Science & Its Applications – IJCSIA. 4(4):227-231.

Intan, M.F.S., Indradjaja, A., Rangkuti, N., Wiyana, B. and Utomo, B.B. (Editor), (2015). Kehidupan Purba di Lahan Gambut. Aksarra Sinergi Media, Surakarta.

- Hashim, R. and Islam, M.S. (2008). A model study to determine engineering properties of peat soil and effect on strength after stabilisation. *European J. of Scientific Research*. 22(2):205-215.
- Hebib, S. and Farrell, E.R.. (2003). Some experiences on the stabilization of Irish peats. *Can. Geotech. J.* vol. 40: 107-120.
- Huat, B.B.K., Prasad, A., Asai, A. and Kazemian, S. (2014). *Geotechnics of Organic Soils and Peat*. CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Kalantari B., and Huat, B.B.K. (2008). Peat Soil Stabilization Using Ordinary Portland Cement, Polypropylene Fibers, and Air Curing Technique. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*; Vol.13, Bund. J.
- Kazemian, S., Huat, B.B.K., Prasad, A. and Barghchi, M. (2011). A State of The Art of Peat: Geotechnical Engineering Perspective, *International Journal of the Physical Sciences*. 6(8): 1974-1981.
- Kolay, P.K. and Suraya, N.B.R. (2007). Stabilization of Organic Soil by Different Types of Stabilizer. *International Conference on Civil Engineering in the New Millennium: Opportunities and Challenges (CENeM-2007)*, BESU, Shibpur, India.
- Kolay, P.K., Sii, H.Y. and Taib, S.N.L. (2011), Tropical Peat Soil Stabilization using Class F Pond Ash from Coal Fired Power Plant. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*. 5(2) : 71-75.
- Kononen, M., Jauhiainen, J., Laiha, R., et.al. (2015). Physical and Chemical Properties of Tropical Peat Under Stabilised. *Land Use Mires and Peat*,. 16 (8):1–13.
- Norazam, P.N.F.I., Bakar, I., Siang, A.J.L.M. and Herman, H.S. (2017). Stabilization of Peat Soil Using Envirotec. *Matec Web of Conferences* 103, 07014.
- Rahman, J.A. and Ming, C.C. (2015). Physico- Chemical Characterization of Peat at Different Decomposition Levels. *Electronic Journal Geotechnical Engineering (EJGE)*. 20(9):4011-4019.
- Rakhmat, T. (2016). *Laporan Sosial Final Air Sugihan*.
- Sukirman, S. (1992). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova, Bandung.
- von Post, L. (1922). Sveriges geologiska undersöknings torvinvenstering och några av dess hittills vaanna resultatant. *Svenska Mosskulturforen. Tidskr.* 36:1–27.
- Wahyunto, Dariah, A. and Agus, F. (2010). Distribution, Properties, and Stock of Indonesian Peatland. *Proceeding of International Workshop on Evaluation and Sustainable Management of Soil Carbon Sequestration in Asian Countries*. Bogor, Indonesia. Sept. 28-29, 2010.