

DESAIN PENELITIAN TANAH ORGANIK STABILISASI KAPUR KALSINASI DENGAN BAHAN AKTIVATOR

Sofwan 1^{*}, Lawalenna Samang 2², Tri Harianto 3³, dan Achmad Bakri Muhiddin 4⁴

¹Mahasiswa Program Doktor, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

²Profesor, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

³Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

⁴Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

Jalan Poros Malino Km. 7, Sungguminasa, Provinsi Sulawesi-Selatan

*Email: shofwanhd6@gmail.com

Abstrak

Tanah distabilisasi dengan kapur dan bahan pozzolan masih menyisakan masalah pada aspek stabilitas dan durabilitasnya. Hal ini disebabkan karena reaksi alkali dari kapur berdampak pada pelarutan terbatas partikel liat tanah sehingga menurunkan kohesi pada argillite murni. Flokulasi dari kandungan silika bersifat pozzolanik dalam kapur dan flokulasi (terbentuknya gel (CSH) oleh reaksi pengikatan antara silika dari bahan pozzolan dengan kalsium hidroksida dari hasil hidrasi kapur membentuk struktur gradasi baru bersifat lentur. Jika rasio gel melampaui batas optimum maka stabilitas tanah kembali menurun, dan jika kadar airnya mengering maka gel berubah menjadi kristal yang getas sehingga stabilitas tanah kembali menurun. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kapur kalsinasi (CaO) sebagai stabilisator, dengan bahan aktivator resin damar dan oksida besi (Fe_2O_3), terhadap tanah organik. Metode penelitian dilakukan dengan uji fisis, mekanis, dan struktur mikro. Hasil yang diharapkan adalah tanah dengan stabilitas dan durabilitas tinggi, dan ratio suction rendah, dimungkinkan dapat digunakan untuk stabilisasi subgrade jalan, barrier layer pada sanitary landfill, bendungan dan tanggul.

Kata kunci: aktivator, kapur kalsinasi, stabilisasi, tanah organik

PENDAHULUAN

Usaha stabilisasi tanah lunak dengan kapur dan bahan pozzolan telah banyak dilakukan, tetapi masih menyisakan masalah. Tanah lempung stabilisasi kapur teridentifikasi bahwa pengaruh cairan alkali pada sifat-sifat *argillite* menyebabkan *argillite* murni mengalami sedikit penurunan kohesi akibat pelarutan terbatas partikel liatnya [Cuisinier dkk., 2009]. Konstruksi lapis pondasi tanah kapur yang tergenang air setiap musim hujan, pada tahun keempat stabilitasnya tidak memenuhi daya dukung minimal yang telah ditetapkan. Genangan air menurunkan daya dukung dan meningkatkan plastisitas tanah [Adha, 2009].

Tanah lempung ekspansif distabilisasi dengan variasi kadar kapur 2%, 4%, 6%, 8%, 10% tanpa abu ampas tebu, kemudian ditambahkan abu ampas tebu dengan variasi 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, menghasilkan kepadatan maksimum pada kadar kapur 4%, kuat tekan bebas naik hingga kadar abu 10%. Pada kadar abu yang lebih tinggi kapur tidak cukup mampu mengikat silikat dan aluminat yang ada didalam abu. Bahwa reaksi pozzolanik akan terjadi bila ada air, dan apabila tidak ada air silikat dan aluminat didalam abu tidak berarti apapun sehingga proses stabilisasi tidak berjalan [Hatmoko, 2007].

Nilai CBR tanah asli 16,29%. Dengan komposisi campuran kapur 3%, 6%, 9%, 12%, 15%, 18% dan abu sekam padi 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, maka nilai CBR tertinggi sebesar 23,66% diperoleh pada kadar kapur 6% dan abu sekam padi 4%. Disimpulkan bahwa campuran antara kapur dan abu sekam padi tidak selamanya mampu menaikkan nilai CBR, baik CBR direndam maupun CBR tanpa direndam [Ariyani, 2007].

Pengaruh abu batubara dan kapur terhadap kembang susut tanah lempung pada kondisi basah optimum. Variasi campuran kapur 0% dan 5%, abu batubara 0%, 12%, 16% dan 20% dari berat kering tanah asli dengan masa perawatan 3 hari. Pada 5% kapur dan 0% abu batubaranilai tekanan

pengembangan turun 75%, dan nilai pengembangan turun 91,95%. Pada 5% kapur dan 20% abu batubara nilai tekanan pengembangan meningkat 81,82% dibandingkan tanah asli. Peningkatan persentase abu batubara justru meningkatkan nilai pengembangan dan nilai tekanan pengembangan tanah [Herman dan Syahroni, 2014].

Stabilisasi tanah gambut dengan 10 % *admixture*-1 (30% CaCO₃ +70% RHA) dan 10% *admixture*-2 (30% CaCO₃ +70 % FA). Pada usia stabilisasi 20-45 hari perilaku tanah gambut meningkat secara signifikan. Pada usia peram diatas 45 hari perilakunya menurun karena adanya perubahan jelly CaSiO₃ menjadi kristal dan terjadinya dekomposisi serat gambut [Mochtar, 2014].

Dari berbagai penelitian terdahulu teridentifikasi bahwa reaksi alkali dari kapur berdampak pada pelarutan terbatas partikel liat tanah, menurunkan kohesi pada *argillite* murni. Flokulasi dari kandungan silika bersifat pozzolanik dalam kapur dan flokulasi akibat terbentuknya gel *Calcium Silicate Hydrate* (CSH) oleh reaksi pengikatan antara silika dari bahan pozzolan dengan kalsium hidroksida dari hasil hidrasi kapur membentuk gel yang gembur. Gel berfungsi binder, filler, dan struktur gradasi dapat meningkatkan stabilitas tanah, namun jika rasio volume gel melampaui batas optimum maka stabilitas tanah kembali menurun, dan jika kemudian mengering maka gel berubah menjadi kristal yang rapuh sehingga stabilitas tanah kembali menurun.

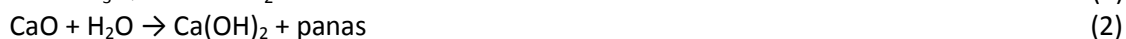
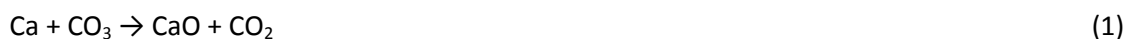
Untuk memperbaiki perilaku kapur pada tanah, batu gamping CaCO₃ (*Lime Stone*) dijadikan kapur kalsinasi (CaO) sebagai bahan stabilisator, resin damar dan oksida besi (Fe₂O₃) sebagai aktivator pada kapur kalsinasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan campuran bahan stabilisator (kapur kalsinasi dengan aktivasi oksida besi dan resin damar), menentukan persen optimum bahan stabilisator terhadap tanah organik, menganalisis pengaruh bahan stabilisator pada tanah organik yang distabilisasi terhadap sifat mekanis, karakteristik kimia, dan mineralogi.

TINJAUAN PUSTAKA

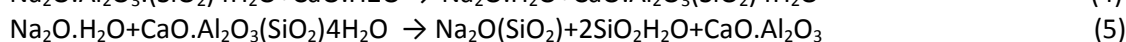
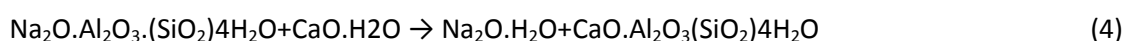
Kapur kalsinasi

Reaksi kimia kapur dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut [Tjokrodinuljo, 1992]:



Stabilisasi tanah dengan kapur dapat menggunakan kapur mati (*slake lime*) yaitu kalsium hidroksida (Ca(OH)₂), atau kapur kalsinasi (*quick lime*) yaitu kalsium oksida (CaO). Kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) lebih sering digunakan, tetapi kalsium oksida (CaO) lebih efektif pada kasus-kasus tertentu, sedangkan kalsium karbonat (CaCO₃) kurang efektif sebagai bahan stabilisasi kecuali sebagai pengisi [Ingles dan Metcalf, 1972].

Kapur bila direaksikan dengan mineral halus tanah dan dibasahi maka terjadi pertukaran ion, dan ion sodium yang berasal dari larutan alkali diserap oleh permukaan butiran halus tanah hingga permukaan butirannya kehilangan kekuatan tolak (*repulsion force*). Efeknya adalah meningkatkan sifat kohesif antar butiran dan kekuatan konsistensi tanah. Proses ini diikuti oleh flokulasi butiran-butiran halus tanah menjadi gumpalan-gumpalan butir kasar yang gembur, menambah batas plastis dan menurunkan batas cair. Efek keseluruhan adalah memperkecil indeks plastis. Reaksi kimia yang terjadi adalah [Diamond & Kinter, 1965 dalam Ingles dan Metcalf, 1972]:



Reaksi *pozzolanik* menghasilkan kristal Ca(SiO₃) yang mengikat antar butiran lempung serta butiran lempung dengan Ca(SiO₃). Untuk mencapai kekuatan penuh proses *pozzolanisasi* membutuhkan waktu beberapa tahun. Reaksi yang terjadi, [Wijaya, 1994 dalam Sujatmaka, 1998]:



meningkatkan kekakuan dan stabilitas tanah, mengurangi *Plasticity Index*.

Cadangan batu gamping di Indonesia yang sudah diketahui adalah sekitar 28,7 milyar ton, yang terbesar di provinsi Sumatera Barat, yaitu 23,23 milyar ton atau sekitar 81,02 % dari cadangan seluruh Indonesia (Haryadi 1997).

Fungsi Aktivator

Dalam proses stabilisasi tanah, aktivator mempermudah terjadinya reaksi kimia antara bahan stabilisator dan tanah pada saat proses stabilisasi, memperkuat daya kohesi antar partikel tanah oleh bahan stabilisator, juga meningkatkan daya tahan terhadap pengaruh air dan zat kimia (asam, basa, pelarut organik).

Damar mengandung asam-asam resinol, resin, dan minyak atsiri, merupakan bahan dasar bagi cairan pelapis kertas supaya tinta tidak menyebar. Juga dimanfaatkan untuk campuran lak dan vernis, perekat pada penambal gigi, dan perekat plester. Resin damar dapat memudahkan proses pertukaran ion, memberikan daya tahan terhadap pengaruh air, memperkuat daya ikat antar partikel tanah [Doelen dkk., 1998], sehingga berpotensi mencegah pelarutan partikel liat tanah oleh alkali. Getah damar adalah salah satu komoditas ekspor Indonesia yang menguasai 80% pasar dunia [Mimbar, 1999].

Oksida besi memiliki kapasitas tukar kation yang baik, bisa bereaksi dengan kalsium karbonat menjadi oksida besi karbonat, memiliki ion H^+ (Rossel at all. 2009). Ion H^+ bisa menetralsir terjadinya flokulasi larutan. Oksida besi adalah salah satu senyawa oksida dari besi dengan rumus kimia Fe_2O_3 , mempunyai sifat paramagnetik. Di Indonesia potensinya melimpah tetapi masih kurang mendapat perhatian.

Tanah Organik

Tanah organik adalah tanah permukaan yang tercampur dengan bahan-bahan organik, sisa-sisa lapukan tanaman atau hewan. Berwarna tua, lunak, dan mudah berubah bentuk oleh pengaruh tekanan. Tanah organik memiliki kuat geser kecil, dan kompresibilitas tinggi. Ciri tanah organik berdasarkan struktur ialah mudah dihancurkan dalam keadaan kering. Bahan-bahan organik pada tanah organik mempunyai kohesi dan plastisitas yang rendah [Wiratama, 2013].

Kerangka Pikir Penelitian

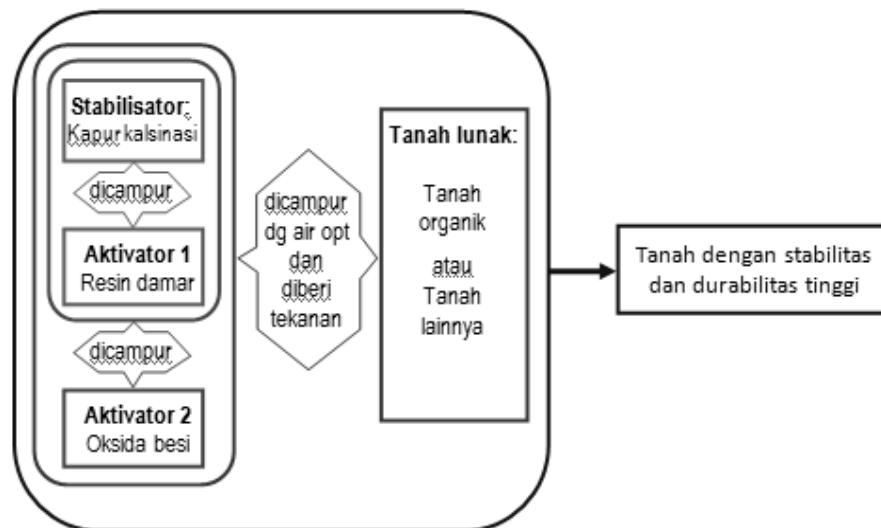
Butiran tanah memiliki daya dukung tinggi dan ketahanan yang sangat baik, tetapi pada kadar air tertentu kehilangan sifat kohesinya. Oleh karena itu stabilisasi tanah dengan bahan kimia harus memandang reaksi-reaksi kimia sebagai fungsi penguatan gaya tarik antar butir dalam kondisi basah atau kering dan tahan terhadap reaksi kimia yang merusak.

Kapur kalsinasi digunakan, agar timbulnya panas akibat masuknya air (saat dilakukan proses stabilisasi) dapat mengaktifkan resin damar yang telah tercampur pada kapur.

Resin damar memudahkan proses pertukaran ion, memberikan daya tahan terhadap pengaruh air, mencegah terjadinya pelarutan partikel liat tanah oleh alkali, memperkuat daya ikat antar partikel tanah.

Oksida besi memiliki kapasitas tukar kation yang baik, bisa bereaksi dengan kalsium karbonat, dan memiliki ion H^+ (ion H^+ menetralsir terjadinya flokulasi larutan) sehingga struktur gradasi cenderung rapat dan memaksimalkan nilai stabilitas.

Bahan stabilisator (kapur kalsinasi aktivasi resin damar dan oksida besi) akan diuji pada tanah organik. Karena itu dilakukan eksperimen sebagaimana pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Tanah Stabilisasi Kapur

METODOLOGI

Bahan

Batu gamping (CaCO_3) $\geq 95\%$ kalsit dan $\leq 5\%$ dolomit, getah damar mata kucing, oksida besi (Fe_2O_3) kemasan dapat dibeli di toko bangunan, tanah organik.

Peralatan Laboratorium

Scanning Electron Microscope (SEM), Energy Dispersive Spectroscopy (EDS, The X-ray Diffraction(XRD), Cetakan benda uji, Standard Proctor test, Hydrometer, Casagrande, Mesin penekan untuk menguji kuat tekan, suction test.

Rancangan benda uji

Bahan stabilisator akan diuji pada tanah organik dalam 5 variasi campuran dengan 9 macam perlakuan, masing-masing dengan 5 buah benda uji sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan pembuatan benda uji di laboratorium

No.	Perb. Berat		3 hr			7 hari			14 hari		21 hari		28 hari		Jum. BU
	Tnh Org.	S	TR	TR	R	TR	R	TR	R	TR	R	TR	R		
1	100	0	5	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	25	
2	100	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	45	
3	100	20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	45	
4	100	25	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	45	
5	100	30	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	45	
Jumlah BU (buah)			25	25	20	25	20	25	20	25	20	25	20	205	

S = bahan stabilisator TR = tidak direndam BU = benda uji. R = direndam

Benda uji berbentuk silinder diameter 50 mm, tinggi 100 mm, dirancang memiliki kepadatan dan kadar air sama dengan hasil pengujian pemadatan standar proctor pada tanah asli.

Rancangan Pengujian

Pengujian bahan sebelum mendapat perlakuan (uji fisis dan struktur mikro), kemudian pengujian benda uji (uji mekanis dan struktur mikro). Rancangan pengujian sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Rancangan pengujian laboratorium

No	Banah dan Benda uji	Pengujian karakteristik			
		Mekanis	Fisis	Mikrost	Suction
1	Batu gamping	-	-	1	-
2	Kapur kalsinasi	-	-	1	-
3	Getah damar mata kucing	-	-	1	-
4	Resin dammar	-	-	1	-
5	Oksida besi	-	-	1	-
7	Tanah organik	1	1	1	-
11	Benda uji tanah organik tanpa bahan stabilisator	5	1*	-	1*
12	Benda uji tanah organik tanpa rendaman	25	1*	1*	-
13	Benda uji tanah organik dg rendaman	16	1*	1*	1*
Jumlah pengujian		47	4	7	2

1* = Diuji yang hasil uji kuat tekannya paling tinggi (komposisi yang mana, pada umur berapa hari, direndam atau tidak direndam).

Prosedur Penelitian

- 1) Menguji struktur mikro batu gamping (*limestone*), getah damar, dan oksida besi.
- 2) Membuat kapur kalsinasi. Batu gamping (*lime stone*) *disinterring* dengan suhu 1500° Celsius selama 12 jam, didinginkan kemudian digiling dan diayak dengan saringan 200.
- 3) Membuat resin damar. Getah damar dipanaskan dengan suhu 120° Celsius selama 8 jam, didinginkan kemudian digiling dan diayak dengan saringan 200.
- 4) Menguji struktur mikro kapur kalsinasi dan resin damar.
- 5) Membuat bahan stabilisator. Kapur kalsinasi : resin damar : oksida besi = 10 : 1 : 0,9 (dalam satuan berat). Komposisi campuran ini dibuat berdasarkan estimasi dan *trial mix*, selanjutnya perlu dilakukan analisis lebih detail untuk menentukan komposisi yang ideal.
- 6) Menguji karakteristik fisis tanah organik sebelum mendapat perlakuan stabilisasi, meliputi uji kadar organik (ASTM D2974-2000), uji kadar air (ASTM D2216-98), uji gravitas khusus untuk menganalisis distribusi ukuran butiran tanah (ASTM D422-63-1994), uji batas konsistensi/*Atterberg* {batas cair dan batas plastis (ASTM D4318-78-1994), batas susut (ASTM D427-61-1989), dan pemadatan *proctor standard* (ASTM D698-91-1994)}.
- 7) Menguji struktur mikro tanah organik.
- 8) Menyiapkan benda uji sebagaimana rancangan pada Tabel 1.
- 9) Menguji karakteristik mekanis benda uji untuk pengujian kompaksi (ASTM D698-91- 1994) untuk menghasilkan berat isi kering maksimum (*gd max*) dan kadar air optimum (*w opt*) dan pengujian kuat tekan benda uji pada berbagai komposisi campuran perendaman. Uji kepadatan ringan (SNI 03-1742-1989), Uji kepadatan berat (SNI 03-1743-1989).
- 10) Uji model ratio hisapan air pada tanah terstabilisasi, dengan *suction test* (ASTM D2434-68-1994).
- 11) Menguji struktur mikro benda uji untuk mengidentifikasi bentuk dan ukuran partikel penyusun (karakteristik morfologi) dengan *SEM*, fasa (karakteristik kimia) dengan *EDS*, dan senyawa (komponen mineralogi) dengan *XRD*.
- 12) Menganalisis hasil-hasil pegujian untuk mengambil kesimpulan.

Untuk memperjelas rancangan penelitian, dapat dilihat pada Gambar 2.

Metode Analisis

Data yang dikumpulkan dari setiap tahapan pengujian di laboratorium dianalisis dan diuji menggunakan metode-metode, mengacu pada teori-teori tertentu untuk menganalisis hubungan antar variabel. Variabel-variabel diukur dengan menggunakan instrumen-instrumen penelitian mengacu pada standar-standar yang telah ditetapkan, sehingga data yang terdiri dari angka-angka

dapat dianalisis berdasarkan prosedur statistik dan dapat ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Dalam penelitian ini digunakan metode statistik analisis *variant*, *regresi*, dan *anova* dua arah. Data dari setiap tahapan pengujian dianalisis menggunakan asumsi-asumsi logis untuk menguji teori-teori secara deduktif, mengontrol penjelasan-penjelasan alternatif agar hasil penelitian ini dapat digeneralisasi dan dapat diaplikasikan untuk memberikan manfaat.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

HASIL YANG DIHARAPKAN

Tanah organik stabilisasi kapur kalsinasi yang diaktivasi resin damar dan oksida besi menjadi tanah dengan stabilitas dan durabilitas tinggi, dan ratio suction rendah, dimungkinkan dapat digunakan untuk stabilisasi subgrade jalan, barrier layer pada sanitary landfill, bendungan dan tanggul.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, I., (2009) *Pengaruh Durabilitas Terhadap Daya Dukung Stabilisasi Tanah Menggunakan Lempung Plastisitas Rendah Dengan Kapur*. Jurnal Rekayasa Vol. 13 No. 3, Desember 2009.
- Ariyani, N., dkk., (2007) *Pengaruh Kapur Dan Abu Sekam Padi Pada Nilai CBR Laboratorium Tanah Tras Untuk Stabilitas Subgrade Timbunan*. Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 1/th XII/2007.
- ASTM D2216-98 *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*¹.
- ASTM D2434-68 (1994). *Standard Test Method for Permeability of Granular Soils*, Annual Book of ASTM Standards, ASTM Int., West Conshohocken, PA.

- ASTM D2974. (2000). *“Standard Test Method for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and other Organic Soils”*. Annual Book of ASTM Standards ASTM, Philadelphia, USA, 2000.
- ASTM D422-63. (1994). *“Standard Test Method for Specific Gravity of Soils”* Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, USA. vol. 04.08; 80-83, 1994.
- ASTM D427-61 (1989). *“Standard Test Method for Shrinkage Limit of Soil Mixtures”*. Annual Book of ASTM Standards, ASTM Int., West Conshohocken, PA.
- ASTM D4318-78. (1994). *“Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic and Plasticity Index of Soils,”* Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, USA. vol. 04.08, 1994
- ASTM D698-91. (1994). *“Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soils Using Standard Effort, 600kN m/m³”*. Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, USA. vol. 04.08, pp. 69-76, 1994.
- Cuisinier, O., Deneele, D., Masrouri, F., (2009). *Shear Strength Behaviour of Compacted Clayey Soil Percolated with an Alkaline Solution*. Engineering Geology 108 (2009) 177-188, journal homepage: www.elsevier.com/locate/enggeo.
- Doelen, V.D., Berg, V.D., Boon, J.J., (1998a). *Comparative Chromatographic and Mass Spectrometric Studies of Triterpenoid Varnishes Fresh Material and Aged Samples from Paintings*. Studies in Conservation. 43(4). 249-264.
- Haryadi, H. dkk., (1997). *Bahan Galian Industri, Batu Kapur*. Hal. 7-75 = 7-91;
- Hatmoko, J.T., and Lulie, Y., (2007). *UCSTanah Lempung Ekspansif yang Distabilisasi dengan Abu Ampas Tebu dan Kapur*. Jurnal Teknik Sipil, Volume 8 No. 1, Oktober 2007 : 64 – 77.
- Herman dan Syahroni, (2014). *Pengaruh Abu Batubara Dan Kapur Terhadap Kembang Susut Tanah Lempung Pada Kondisi Basah Optimum*. Jurnal Momentum Vol.16, No.1, Februari 2014. ISSN : 1693-752X.
- Ingles, O.G. dan Metcalf, J.B., (1972). *“Soil Stabilization Principles and Practice”*, Butterworths Pty. Limited, Melbourne.
- Mimbar, S.M., (1999). *Pengaruh Cairan Asam Sulfat Terhadap Produksi Getah Damar*. Habitat, 10(108). 36-41.
- Mochtar, N. E., dkk., (2014) *Pengaruh Usia Stabilisasi Pada Tanah Gambut Berserat Yang Distabilisasi Dengan Campuran CaCO₃ Dan Pozolan*. Jurnal Teknik Sipil Vol. 21 No. 1 April 2014, ISSN 0853-2982.
- Rossel, R.V., Cattle, S., Ortega, A., Fouad, Y., (2009). *In Situ Measurements of Soil Colour, Mineral Composition and Clay Content by Vis-NIR Spectroscopy*. Geoderma 150, 253–266.
- SNI 03-1742-1989 *“Panduan pengujian kepadatan ringan untuk tanah”* Standar Nasional Indonesia. Bahan Konstruksi Bangunan Dan Rekayasa Sipil.
- SNI 03-1743-1989 *“Panduan pengujian kepadatan berat untuk tanah”* Standar Nasional Indonesia. Bahan Konstruksi Bangunan Dan Rekayasa Sipil.
- Sujatmaka, N., (1998). *Potensial Penambahan Abu Sekam Padi dan Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Jogjakarta.
- Tjokrodimuljo, K., (1992). *Bahan Bangunan*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wiratama. M.S., (2013). *Studi Daya Dukung Tanah Organik Menggunakan Matos*. Fakultas Teknik Universitas Lampung, digilib.unila.ac.id.