



PERBAIKAN *SUBGRADE* MENGGUNAKAN TANAH LEMPUNG ORGANIK DENGAN PENAMBAHAN SEMEN DAN KAPUR

Ramadhani, Deddy Okta Priyandy

Program Studi Teknik Sipil Universitas IBA
Jl. Mayor Ruslan, Palembang, Sumatera Selatan
Email : enny.ramadhani@vmail.com

Abstrak

Tanah lempung Organik merupakan salah satu tanah yang memiliki daya dukung rendah. Usaha perbaikan tanah tentunya akan mahal, tergantung cara, bahan dan alat yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah meninjau potensi batu kapur dan semen sebagai bahan tambah alternatif untuk mengurangi tekanan pengembangan tanah lempung organik, khususnya untuk mencari harga CBR. Metode yang dalam penelitian ini adalah survey langsung ke lokasi penelitian, dan pengumpulan data dilakukan dengan pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer melalui pemeriksaan stabilitasi lempung organik. Penyelidikan awal dan penyelidikan akhir serta data sekunder merupakan data survey. Hasil penelitian diketahui bahwa stabilisasi dengan menggunakan semen dapat mengurangi tekanan pengembangan lempung organik, penambahan 4% semen memberikan nilai CBR dari 3,1% menjadi 22,8%. Penambahan 4 % kapur bisa mengurangi pengembangan dari 0,30% menjadi 0,17% dan menaikkan nilai CBR dari 3,1% menjadi 13,3%.

Kata Kunci : Subgrade, Lempung Organik, Semen, Kapur.

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah dasar (*Subgrade*) merupakan bagian dari konstruksi jalan raya di mana tanah dasar tersebut menerima penyebaran beban dan lapisan perkerasan di atasnya. Daya dukung tanah dasar yang tinggi dan mutlak diperlukan dan sangat menunjang dalam proses Perencanaan Perkerasan Jalan.

Tanah dasar (*subgrade*) adalah bagian yang terpenting dari konstruksi jalan karena tanah dasar inilah yang mendukung seluruh konstruksi jalan beserta beban lalu lintas di atasnya. Tanah dasar pulalah yang menentukan mahal atau tidaknya pembangunan jalan tersebut, karena kekuatan tanah dasar menentukan tebal atau tipisnya lapisan perkerasan. Perencanaan perkerasan suatu jalan yang digunakan sekarang tidak lagi berdasarkan pada perhitungan tegangan-tegangan serta penentuan kekuatan bahan secara teliti, tetapi cara-cara yang dipakai secara umum adalah cara empiris dan yang paling terkenal adalah menggunakan cara *California Bearing Ratio/CBR* (Ariyani, 2007).

Menurut John (2007), Stabilisasi tanah terhadap geser maupun tekan adalah suatu usaha yang selalu dilakukan untuk meningkatkan ketahanan tanah terhadap tegangan tekan maupun tegangan geser. Sehingga, sampai saat ini stabilisasi tanah merupakan kajian yang menarik untuk diteliti baik metodenya maupun bahan-bahan yang dipakai untuk stabilisasi tanah tersebut. Dengan demikian dapat

diketahui bahwa tujuan dari stabilisasi tanah adalah minimal untuk memenuhi satu dari empat sasaran berikut : pertama; memperbaiki atau meningkatkan daya dukung tanah, kedua; memperkecil penurunan lapisan tanah, ketiga; menurunkan permeabilitas dan *swelling* potensial tanah, dan keempat; menjaga atau mempertahankan potensi tanah yang ada (*existing strength*). Dari keempat sasaran dari suatu tindakan stabilisasi yang diuraikan diatas, sangat jarang dapat dicapai secara bersamaan atau sekaligus. Akan tetapi harus selalu diupayakan agar dapat tercapai perbaikan parameter yang diinginkan, dengan tanpa mengakibatkan pengrusakan parameter yang lainnya. Seperti halnya stabilisasi dengan kapur (*lime stabilization*) dapat meningkatkan daya dukung lapisan tanah, akan tetapi dapat pula memperbesar permeabilitas lapisan (Panguriseng, 2001).

Penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung telah banyak dilakukan, antara lain, Hasil penelitian Chairullah (2011) menunjukkan bahwa tanah lunak yang dicampur 6% semen dapat dimanfaatkan sebagai material konstruksi jalan raya baik untuk *subgrade* maupun untuk *subbase* sesuai persyaratan Bina Marga dan ketentuan AASHTO, bahkan pada campuran 12% semen dapat digunakan untuk material pondasi atas (*base course*) jalan raya. Menurut Denny (2016) pelaksanaan stabilisasi tanah lempung ekspansif perlu dipertimbangkan juga ketebalan lapisan tanah ekspansif. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang efektifitas dan efisien stabilisasi tanah berdasarkan ketebalan lapisan tanah lempung ekspansif.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil pengujian pengembangan terhadap stabilisasi dengan menggunakan semen, apakah dapat mengurangi tekanan pengembangan lempung organik ?
2. Bagaimana hasil pemeriksaan terhadap nilai batas cair, indeks plastisitas dan apabila batas plastis menurun dan apabila nilai CBR bertambah ?
3. Bagaimana perlakuan tanah galian di lapangan dan berapa lama masa cepat kering?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan skala laboratorium dan material diambil dari lapangan.
2. Material berupa tanah lempung organik diambil dari Tanjung Api-api kota Palembang,
3. Untuk material kapur diambil dari Baturaja, Sumatera Selatan.
4. Pengujian laboratorium menggunakan uji Batas-batas Konsistensi (*Atterberg*).
5. Dalam pengujian untuk Kadar Optimum dengan variasi perkiraan perbandingan 0%, 4%, 6%, 8% kapur dan sebesar 4%, 6%, 8%, semen terhadap berat tanah lempung organik.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perhitungan dalam menentukan tebal tiap-tiap lapisan perkerasan jalan di Jalan Tanjung Api-Api kota Palembang.

2. KAJIAN LITERATUR

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran), mineral – mineral padat yang tersedimentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi setiap ruang – ruang kosong diantara partikel – partikel padat tersebut. Ukuran dari setiap butiran tanah sangat bervariasi dan sifat fisis dari tanah sangat tergantung dari faktor – faktor ukuran, bentuk dan komposisi kimia dari butiran.

Tanah pada umumnya terdiri dari kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*) atau lempung (*clays*). Jenis ini sangat tergantung pada partikel – partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Dari segi mineral yang disebut tanah lempung adalah yang mempunyai partikel – partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat plastis pada tanah apabila dicampur dengan air, jadi dari segi mineral tanah dapat juga disebut bukan tanah lempung meskipun terdiri dari partikel – partikel yang sangat kecil (Badariah, 2012).

Menurut Denny (2016), tanah lempung ekspansi, sering menimbulkan masalah pada bangunan-bangunan yang ada di atasnya. Berkaitan dengan hal ini, banyak cara yang sudah dilakukan untuk menanggulangi tanah yang sifat tersebut, antara lain dengan menggunakan sisa pembakaran batu bara (*fly ash*), abu sekam padi (*rice husk ash*) dan kapur. Salah satu alternatif yang digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah ialah dengan stabilisasi.

Klasifikasi tanah sangat membantu perencana dalam memberikan pengarahannya melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang lalu. Namun tidak mutlak, karena perilaku tanah sukar diduga (Sudarmo, 1997). Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur adalah relatif sederhana karena ia hanya didasarkan pada distribusi ukuran butiran tanah saja. Dalam kenyataannya, jumlah dan jenis dari mineral lempung yang dikandung oleh tanah sangat mempengaruhi sifat fisis tanah yang bersangkutan. Oleh karena itu, kiranya perlu untuk memperhitungkan sifat plastisitas tanah, yang disebabkan adanya kandungan mineral lempung, agar dapat menafsirkan ciri-ciri suatu tanah. Karena sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tidak memperhitungkan sifat plastisitas tanah, dan secara keseluruhan tidak menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting, maka sistem tersebut dianggap tidak memadai untuk sebagian besar dari keperluan teknik. Pada saat sekarang ada lagi dua buah sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai oleh para ahli teknik sipil. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Sistem-sistem tersebut adalah: Sistem Klasifikasi AASHTO dan Sistem Klasifikasi Unified (Das, 1998).

Pada penelitian Sutikno (2010) secara umum terdapat pengaruh penambahan pasir pada tanah ekspansif yang dipadatkan terhadap stabilitas (CBR) dan pengembangan (*swelling*), tanah ekspansif mengalami perubahan yang positif setelah dicampur dengan pasir, optimasi tercapai pada penambahan pasir antara 20% sampai dengan 30%.

Pada penelitian Risman (2011) dengan menambahkan kapur dan pasir dapat meningkatkan kepadatan dan nilai daya dukung/CBR (*Clifornia Bearing Ratio*) tanah. Kapur dan pasir juga dapat digunakan sebagai alternatif pilihan bahan stabilisasi tanah lempung. Penambahan pasir 15% dan penambahan kapur 10% ke dalam campuran tanah lempung dapat memberikan nilai CBR yang maksimum yaitu dengan nilai CBR = 20,06% pada kondisi tanpa rendaman dan nilai CBR = 9,08% pada kondisi dengan rendaman.

Pada penelitian Andriani (2012) dengan menambahkan semen telah meningkatkan nilai daya dukung tanah secara signifikan. Nilai CBR semakin naik seiring dengan penambahan semen, dimana nilai CBR tanah asli sebesar 8.204%. Terjadinya peningkatan nilai CBR pada campuran optimum 20% semen dengan waktu pemeraman 3 hari dengan nilai CBR 64,138 %.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Lokasi Jalan Tanjung Api-api kota Palembang.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini untuk stabilisasi semen dan kapur adalah *Excavator*, *Fulvi Mixer (soil stabilizer)*, *Grader (profil jalan)*, dan *Three Wheeler (Pemadat)*.

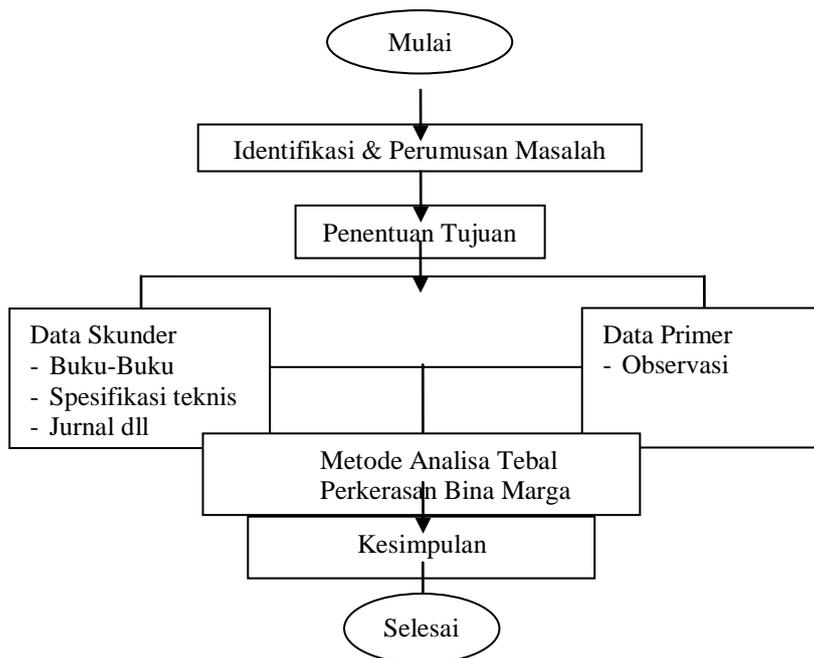
3.3. Metode Pengumpulan Data

Adapun metode yang dipakai pada penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Studi Pustaka
Studi pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan, mengidentifikasi, serta mengolah data tertulis berupa literatur dan metode kerja yang digunakan.
2. Wawancara
Metode ini dilakukan dengan cara mendatangi instansi terkait dan Sumber – sumber yang dianggap kompeten untuk dijadikan referensi. Dalam hal ini Seksi Perencanaan Proyek Peningkatan Jalan Nasional Sumatera Selatan.
3. Observasi
Observasi dilakukan dengan cara survey langsung ke lapangan, hal ini mutlak dilakukan untuk mengetahui kondisi sebenarnya.
4. Studi Literatur
Pada metode ini penelitian melakukan metode pengumpulan data dengan mempelajari buku – buku referensi, laporan – laporan jurnal dan media lainnya yang berkaitan dengan objek penelitian.

3.4. Alur Pikir Penelitian (*Flow Chat*)

Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam beberapa tahapan kerja yang dapat dibuat *flow chart* sebagai dibawah ini :



Gambar 3.1 Alur pikir Penelitian

Gambar 3.1 menjelaskan tahapan penelitian dimulai dari identifikasi masalah, penentuan tujuan, melakukan kajian data sekunder berupa studi literatur, spesifikasi teknis, serta jurnal terdahulu. Selanjutnya pengambilan dan pengolahan data primer berupa observasi, pengumpulan data Lintasan harian rata-rata, kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan Metode Analisa Tebal Perkerasan Bina Marga, sehingga dapat diambil kesimpulan dan saran.

4. PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemadatan

Tingkat kepadatan dinyatakan dalam persentase berat volume kering (γ_d) tanah terhadap berat volume kering maksimum (γ_{dmax}). Dari hasil pengujian pemadatan ini akan diketahui kadar air optimum yang akan ditambahkan pada sampel tanah pada saat pengujian CBR. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pemadatan standar *proctor*.

4.1.1. Hasil Pemadatan

Dari hasil uji pemadatan yang dilakukan terhadap sampel tanah menunjukkan bahwa kepadatan kering maksimum yang dapat dicapai adalah 1,172 gr/cc sebelum di campur dan kadar air optimum adalah 35,0% dengan penambahan batu kapur dan semen bisa meningkatkan kepadatan tanah lempung organik yang ada.

Pada percobaan ini didapat hasil pengujian CBR baik untuk tanpa rendaman (*Unsoaked*) maupun dengan rendaman *Soaked*, nilai hasil pengujian CBR *unsoaked* = 4,3 % dan CBR dengan rendaman (*Soaked*) = 3,1 %.

Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Pemadatan

No	Keterangan Pemeriksaan	Pemadatan Standar Proctor	
		γd (gr/cc)	w.opt (%)
1	Lempung Organik + 0% Campuran	1,172	35
2	Lempung Organik + 4% Kapur	1,248	31,48
3	Lempung Organik + 6% Kapur	1,256	30,09
4	Lempung Organik + 8% Kapur	1,268	28,90
5	Lempung Organik + 4% Semen	1,276	29,00
6	Lempung Organik + 6% Semen	1,285	28,50
7	Lempung Organik + 8% Semen	1,295	28,12

Sumber : hasil laboratorium

Tabel 4.1. menjelaskan tentang hasil pemeriksaan pemadatan antara lempung organik, lempung organik + kapur, lempung organik + semen, sehingga menghasilkan Pemadatan Standar *Proctornya*.

4.2. Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) di Laboratorium.

Uji CBR adalah uji ketahanan penetrasi untuk mengetahui kekuatan lapisan *subgrade*, *subbase* dan *base* yang biasanya digunakan untuk desain jalan raya. Daya dukung tanah dasar (*subgrade*) dinyatakan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*), CBR pertama kali diperkenalkan oleh *California Division of Highway* pada tahun 1928. Orang yang mempopulerkan metode ini adalah OJ.

Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan CBR

No	Keterangan pemeriksaan	Pemeriksaan CBR	
		Soaked (%)	Unsoaked (%)
1	Lempung Organik	3,1	4,3

Sumber : hasil laboratorium

Tabel 4.2 menjelaskan Hasil Pemeriksaan CBR menggunakan Lempung Organik basik secara *Soaked* dan *Unsoaked*.

Melihat hasil CBR yang didapat, tanah *subgrade* Tanjung Api-api Km 12 Palembang ini sangat jelek dan dibawah standar Bina Marga, yaitu Min = 6%, maka dari itu agar tanah *Subgrade* Tanjung Api – api bisa digunakan dan memenuhi standar Bina Marga harus distabilisasi dengan menggunakan batu kapur dan semen. Untuk mengetahui potensi kedua bahan maka dalam percobaan ini masing-masing contoh telah dicampur semen dan kapur dipadatkan di dalam silinder besi berdiameter 6” dipadatkan dengan tiga lapis, dan masing-masing lapis ditumbuk 56 kali dengan alat penumbuk standar *proctor* berat 2,5kg dan tinggi jatuh 30 cm.

4.3. Pengujian CBR Curing 7 Hari

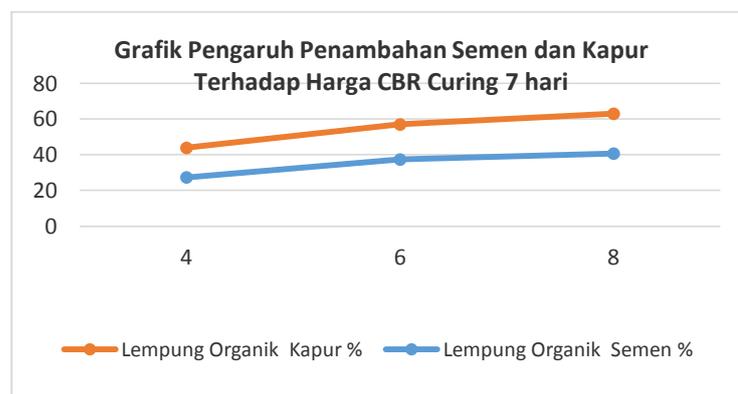
Pada pengujian CBR ini, setelah dipadatkan, sampel tanah diratakan dengan mistar. Di bagian atas dan bawah sampel yang sudah dipadatkan, diberi lilin agar kandungan air tidak berkurang selama masa curing. Setelah selesai masa curing 7 hari, sampel tanah tersebut diambil dan dibersihkan lapisan lilinnya. Kemudian dilakukan pengujian penetrasi, pengujian ini dilakukan pada kedalaman 1 inch dan 2 inch. Harga CBR yang diambil adalah hasil pengujian penetrasi rata-rata dan pengujian pada kedalaman 1 inch dan 2 inch.

Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan CBR Curing 7 hari

No	Keterangan Pemeriksaan	Stabilisasi (%)	CBR Curing 7 hari	
			Semen	Kapur
1	Lempung Organik	4	27,3	
2		6	37,3	
3		8	40,6	
4	Lempung Organik	4		16,5
5		6		19,6
6		8		22,3

Sumber : hasil laboratorium

Tabel 4.3 menjelaskan hasil pemeriksaan lempung organik CBR Curing selama 7 hari pada kapur dan semen.



Sumber : hasil laboratorium

Gambar 4.1. Pengaruh Penambahan Semen dan Kapur

Gambar 4.1 menjelaskan penambahan semen dan kapur terhadap harga CBR Curing selama 7 hari. Terlihat kenaikan persentasenya.

4.4. Pengujian CBR 3 Hari Curing 4 Hari Rendam

Untuk pengujian CBR hari Curing 4 hari rendam, setelah sampe tanah dipadatkan ke dalam cetakan logam berbentuk silinder berdiameter 6 m – (15,2 cm), kemudian diratakan dengan mistar dan diberi lapisan lilin di bagian atas dan bawahnya. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar kandungan air dalam sampel tanah tidak terganggu selama proses curing.

4.5. Pengukuran Pengembangan

Pada saat perendaman sampel tanah, arloji pengukur pengembangan dipasang di atasnya. Sampel dibiarkan terendam selama 96 jam (4 hari). Tinggi air perendaman 2-5 cm diatas permukaan benda uji. Dan arloji pengukur pengembangan dibaca setiap 24 jam.

4.6. Sistem klasifikasi Tanah

Ada banyak cara yang dapat dilakukan dalam mengklasifikasikan tanah, berdasar asal geologis, kadar mineral, ukuran butiran ataupun plastisitasnya. Sebagian besar ahli teknik sipil hanya menggunakan klasifikasi berdasarkan ukuran butiran dan plastisitas.

4.7. Pengujian Berat Spesifik (Gs).

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis butiran tanah. Harga Gs yang terdapat yaitu 2,08 dan digolongkan ke dalam kriteria tanah lempung organik. Dari hasil percobaan yang menggunakan campuran batu kapur dan semen, maka didapatkan perbaikan-perbaikan indeks plastisitas, batas cair dan batas plastis. hasil-hasil tes tersebut bisa lebih meningkatkan kualitas tanah lempung organik. Berdasarkan survei dan analisa kinerja yang telah dilakukan dilapangan beberapa hasil yang didapat dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasl Pemeriksaan Atterberg Limit

No	Keterangan Pemeriksaan	Atterberg		
		LL	PL	PT
1	Lempung Organik + 0% Campuran	56,7	33,71	22,99
2	Lempung Organik + 4% Kapur	54	27,84	26,16
3	Lempung Organik + 6% Kapur	53,5	27,82	25,68
4	Lempung Organik + 8% Kapur	51,9	27,78	24,12
5	Lempung Organik + 4% Semen	49,1	27,87	21,23
6	Lempung Organik + 6% Semen	48,95	27,86	21,23
7	Lempung Organik + 8% Semen	47,1	27,82	20,08

Sumber : hasil laboratorium

Tabel 4.1 menjelaskan keterangan pemeriksaan lempung , lempung + kapur, lempung + semen sehingga menghasilkan Pemeriksaan Atterberg Limit pada LL, PL dan PT.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah dikemukakan pada bagian-bagian sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Campuran Semen. Hasil pengujian pengembangan menunjukkan bahwa stabilisasi dengan menggunakan semen dapat mengurangi tekanan pengembangan lempung organik. Penambahan 4

% semen memberikan nilai CBR dari 3,1 % menjadi 22,8 %. Dalam pengajuan ini masih ada kecenderungan apabila presentase semen ditambah. Tekanan pengembangan tanah semakin berkurang dan nilai CBR semakin bertambah.

- 2) Campuran Kapur. Dari hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa nilai batas cair, indeks plastisitas dan batas plastis menurun dan nilai CBR bertambah. Hasil pengujian pengembangan menunjukkan bahwa dengan penambahan 4% kapur bisa mengurangi pengembangan dari 0,30% menjadi 0,17% dan menaikkan nilai CBR dari 3,1% menjadi 13,3%.
- 3) Tanah digali dan dinaikkan ke lokasi jalan dihampar agar cepat kering, dalam pengeringan memerlukan waktu antara 3 sampai 4 hari bila cuaca cerah, ditambah masa curing 7 hari, sehingga faktor cuaca sangat menentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, Yuliet R., Fernandez F.L., 2012 (hal:43), Pengaruh Penggunaan Semen sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit terhadap Nilai CBR Tanah, Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 8 No. 1, Februari 2012, ISSN : 1858-2133. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas. jrs.ft.unand.ac.id/index.php/jrs/article/view/28
- Ariyani, N., Ardiyanto. C., Nugroho. 2007 (hal:1). Pengaruh Kapur dan Abu Sekam Padi pada Nilai CBR Laboratorium Tanah Tras dari Dusun Seropan untuk Stabilitas *Subgrade* Timbunan. Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 1. Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta. <http://e-jurnal.ukrimuniversity.ac.id/file/11204.pdf>
- Badariah, C.N., Nasrul, Yudha, H., 2012 (hal:57). Perbaikan Tanah Dasar Jalan Raya dengan Penambahan Kapur. Jurnal Rancang Sipil Volume 1 Nomor 1. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Medan. www.sipil.itm.ac.id/content/download.php?page=download&id=28
- Chairullah, B., 2011 (hal:61). Stabilisasi Tanah Lempung Lunak untuk Material Tanah Dasar Sub Grade dan Sub Base Jalan Raya. Jurnal Teknik Sipil ISSN 2088-9321 Volume 1 Nomor 1, September 2011. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala. <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JTS/article/view/772/712>
- Das, B. M., 1995 (hal:66), Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Terjemahan, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Denny, P.B., Sompie, F.J. 2016 (hal:545). Analisis Campuran Kapur-FLY ASH dan Kapur-Abu Sekam Padi Terhadap Lempung Ekspansif. Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.6 No.3. Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat. <https://media.neliti.com/media/publications/100784-ID-analisis-campuran-kapur-fly-ash-dan-kapu.pdf>
- John, Tri. H. 2007 (hal:65). UCS Tanah Lempung Ekspansif yang Distabilisasi dengan Abu Ampas Tebu dan Kapur. Jurnal Teknik Sipil Volume 8 No. 1. Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/uaj/article/viewFile/17523/17441>
- Panguriseng, D., 2001 (hal:9-10), Stabilisasi Tanah, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,

Universitas 45 Makassar.

Risman, 2011 (hal:66), Analisis Daya Dukung Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Kapur dan Pasir, Wahana TEKNIK SIPIL, Volume 16 nomor 2. Desember 2011. ISSN:0853-8727 e-ISSN:2527-4333. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang jurnal.polines.ac.id/jurnal/index.php/wahana/article/view/107

Soedarmo, G.D., Purnomo, ES,J., 1993 (hal:59), Mekanika Tanah 1, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Sutikno, Yatmadi, D., 2010 (hal:7), Studi Stabilitas Tanah Ekspansif dengan Penambahan Pasir untuk Tanah Dasar Konstruksi Jalan, Poli Teknologi, Volume 9 no 1 Januari 2010, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta Universitas Indonesia, Depok download.portalgaruda.org/article.php?...Studi%20Stabilitas%20Tanah%20Ekspansif...