

PENGARUH PENAMBAHAN PASIR TERHADAP NILAI CBR DAN SIFA – SIFAT PROPERTIS TANAH LEMPUNG

(Studi Kasus: Jalan Pantura Km 30 Desa Silomukti,
Kec. Mlandingan, Kab. Situbondo)

Sulpisius Jakur

Arief Alihudien, S.T., M.T.¹ ; Dr. Muhtar, S.T., M.T.²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jalan Karimata 49, Jember 68121, Indonesia
e-mail : sulpisiusjakur97@gmail.com

Abstrak

Tanah merupakan material yang sangat penting dalam sebuah konstruksi karena dasar dalam mendirikan sebuah bangunan terutama, dalam mendirikan pondasi struktur bangunan sipil. Namun, sering kita jumpai kondisi tanah yang tidak memenuhi persyaratan teknis, terutama kekuatan dan daya dukung sebagai tanah dasar untuk (sub grade) pada konstruksi jalan Pantura Km 30 Desa Silomukti, Kec. Mlandingan, Kab. Situbondo. Stabilisasi tanah merupakan suatu cara untuk meningkatkan kekuatan dan menaikkan daya dukung tanah terutama pada tanah lempung ekspansif yang sering menimbulkan masalah terhadap konstruksi tersebut. Salah satu metode stabilisasi tanah yang dilakukan yaitu dengan pasir, dalam penelitian ini akan dilakukan penambahan bahan campuran berupa pasir dengan prosentase campuran pasir sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% terhadap berat kering tanah lempung. Dari penelitian ini diharapkan memberikan gambaran terhadap tanah lempung serta solusi dalam menanganinya.

Hasil dari penelitian ini pada campuran 0%, memperoleh nilai CBR sebesar 5,2% (untuk nilai CBR 0,1) dan 4,6% (untuk nilai CBR 0,2), kemudian pada campuran 5%, memperoleh nilai CBR sebesar 6,8% (untuk CBR 0,1) dan 5,8% (untuk CBR 0,2), kemudian pada campuran 10% memperoleh nilai CBR sebesar 7,2% (untuk CBR 0,1) dan 6,1% (untuk CBR 0,2), kemudian pada campuran 15% memperoleh nilai CBR sebesar 9% (untuk CBR 0,1) dan 8,2% (untuk CBR 0,2). Sehingga, stabilisasi tanah lempung Jalan Pantura Km 30 Desa Silomukti, Kec. Mlandingan, Kab. Situbondo memenuhi syarat standart Bina Marga 2018 dengan nilai CBR $\geq 6\%$ dan pada campuran pasir 10% sudah memenuhi standart Bina Marga 2018.

Kata Kunci : Pengaruh Pasir, Terhadap Nilai CBR, Tanah Lempung

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada umumnya pembangunan di Indonesia berada diatas tanah lempung. Tanah lempung

terdiri dari butiran-butiran yang sangat kecil serta selalu menunjukkan sifat-sifat plastis dan kohesif. Beberapa sifat buruk tanah di antaranya adalah mempunyai plastisitas yang tinggi,

kembang susut yang relative besar, dan kekuatan geser yang rendah. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk memperbaiki kondisi tanah sebelum dilakukannya proses kontruksi dengan menambah stabilitas tanah itu sendiri. Sering kita temui tanah lempung yang kurang baik dalam pelaksanaan kontruksi, karena tanah dasar untuk membuat jalan bersifat kohesip dan memiliki kembang susut yang tinggi dan dapat menyebabkan tanah turun dan jalan menjadi bergelombang dan retak – retak. Akibat dari tanah yang bersifat ekspansif dan terpengaruh dari beban truck yang melitasi jalan tersebut.

melitasi jalan tersebut.

Proses stabilisasi tanah dapat digunakan berbagai macam bahan pencampuran, agar dapat memperkuat tanah dan memenuhi syarat teknis tertentu diantaranya adalah dapat berupa pasir (Narsullah 2010). Oleh karena itu maka diperlukan upaya untuk memperbaiki kondisi tanah tersebut, sebelum dilakukan kontruksi. Sering kita temui dalam kontruksi, tanah lempung yang kurang baik dalam pelaksanaan. disebabkan oleh tanah dasar, dalam membuat jalan yang bersifat kohesip dan memiliki kembang susut tinggi yang dapat menyebabkan jalan menjadi bergelombang dan kertakan. Akibat dari tanah yang bersifat ekspansif dan terpengaruh dari beban truk yang melitas di jalan tersebut. Permasalahan tersebut menjadi latar belakang penelitian ini yaitu dengan melakukan penelitian dengan metode stabilisasi tanah dengan bahan pasir.

Daya dukung suatu lapisan tanah tertentu tergantung dari kepadatan tanah yang menyusun lapisan tersebut, semakin kecil CBR (California Bearing Test) suatu lapisan tanah dari jenis tanah tertentu maka lapisan yang dibuat di atasnya haruslah semakin kuat. Di Indonesia, jarang kita temui jenis tanah yang hanya dipadatkan saja dan mendapatkan nilai CBR yang tinggi. Tanah lempung lunak yang umumnya terdapat di dataran rendah/pantai rata-rata memiliki nilai CBR yang rendah

Berdasarkan penelitian awal dari hasil uji konsistensi (*atterberg limit*) nilai IP (*Indeks Plastisitas*) pada tanah dasar di Jalan Raya Pantura Desa Silomukti, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten Situbondo, memiliki nilai LL = 51,08 % , PL = 27,50 % , SL = 17,48 % , dan nilai IP sebesar 23,58% . Dengan jarak pengambilan sampel yaitu, 2 m jarak dari jalan dan kedalaman 40 cm. Dari hasil uji konsistensi tanah tersebut maka tanah berjenis lempung murni, kohesif, plastisitas tinggi, dan memiliki derajat pengembangan yang tinggi.

Rumusan Masalah

Sesuai dengan uraian penelitian diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat fisik tanah setelah pencampuran tanah dengan pasir?

2. Bagaimanakah peningkatan sifat-sifat mekanis tanah lempung setelah diberi campuran pasir?
3. Bagaimanakah peningkatan nilai CBR tanah lempung setelah diberi tambahan pasir 5%, 10%, dan 15%?

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh penambahan pasir pada tanah lempung terhadap nilai daya dukung atau (CBR).
2. Mengetahui pengaruh bahan tambah setelah diberi variasi bahan tambah pasir.
3. Mengetahui perubahan sifat mekanisnya terhadap daya dukung tanah (CBR)

Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dilakukan di jalan Pantura, Desa Silomukti, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten Situbondo?
2. Dalam penelitian ini hanya menggunakan stabilitas tanah lempung

dengan variasi campuran pasir 5%, 10%, 15% ?

3. Dalam penelitian ini hanya membahas pengaruh penambahan pasir terhadap nilai CBR?

4. Penelitian ini hanya berlaku di Jalan Pantura KM 30 Desa Silomukti, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten Situbondo?

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini dapat diketahui besar volume kering tanah dan nilai kuat dukung tanah setelah dicampur dengan pasir.
2. Memberikan alternatif bahan stabilisasi tanah lempung dengan campuran pasir
3. Hasil penelitian ini bermanfaat di daerah-daerah yang mempunyai tanah yang bermasalah khususnya tanah lempung Jalan Pantura KM 30 Desa Silomukti, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten Situbondo.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Stabilitas Tanah

Stabilitas tanah secara umum merupakan suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan atau mencampurkan bahan tertentu, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Tujuan dari stabilitasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat. Proses stabilitas tanah meliputi pencampuran tanah dengan tanah lain untuk memperoleh gradasi yang diinginkan dengan bahan tambahan, sehingga sifat-sifat tanah dapat menjadi lebih baik.

Metode stabilitasi yang banyak digunakan adalah stabilitasi mekanis dan stabilitasi

kimiawi. Stabilitas mekanis adalah salah satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah, sedangkan stabilitasi kimiawi yaitu menambah kekuatan dan kuat daya dukung tanah dengan cara mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat jenis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia. salah satu sifat kekuatan tanah yang berkaitan dengan jalan adalah nilai kekuatan California Bearing Ratio (CBR). Dalam perencanaan konstruksi jalan raya, CBR merupakan nilai patokan untuk perencanaan tebal perkerasan badan jalan yang mensyaratkan nilai tertentu di samping syarat lainnya seperti gradasi. Soedarsono, 1985:34 menetapkan tanah dasar untuk jalan ke dalam beberapa kelompok seperti tercantum pada tabel berikut.

Tabel 2.16 Klasifikasi tanah dasar untuk jalan.

No	Klasifikasi	Jenis tanah	CBR (%)
1	Sangat Baik	a. Sirtu b. Kerikil/ pasir	25 – 60 20 - 60
2	Baik	a. Pasir kasar b. Pasir halus	10 - 30 6 - 25
3	Sedang	Lanaudan Lempung	4 - 15
4	Jelek	Lempung organik	3 - 8
5	Sangat Jelek	Humus/tanah rawa(tanah organik)	-

Sumber: Soedarsono,1985:34

Konstruksi jalan selalu diharapkan dapat dibangun di atas tanah dasar (subgrade) dalam klasifikasi baik sesuai persyaratan yang diinginkan. Oleh karena itu, untuk dapat menggunakan tanah dasar jelek yang ada harus mengacu pada syarat kekuatan sehingga diperlukan usaha perbaikan. Salah satu usaha perbaikan tanah dasar yang jelek dapat dilakukan proses stabilisasi tanah. Bowles, 1993:201 menyatakan bahwa stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut yaitu:

- a. Meningkatkan kerapatan tanah.
- b. Menambah material yang aktif sehingga meningkatkan kekuatan geser tanah.
- c. Menambah bahan yang dapat menyebabkan peruan kimiawi pada tanah.
- d. Menurunkan muka air tanah.
- e. Mengganti tanah yang jelek.

Penerapan dan keberhasilan dari tindakan tersebut sangat bergantung pada jenis dan kondisi tanah, peralatan dan metode pengujian yang diterapkan.

Upaya stabilisasi tanah lempung sudah banyak dilakukan dengan stabilisator yang beraneka ragam seperti: kapur, pasir kombinasi semen dengan abu terbang, bahan puzoland dan lain-lain. Alasan penggunaan bahan-bahan tersebut lebih didasarkan pada kesesuaian dengan jenis tanah, mudah diperoleh, harga yang murah dan tidak mencemari lingkungan.

Hatmoko, JT & Lulie, Y (2000: 66) berdasarkan laporan Kizdi (1979) menyatakan bahwa, penambahan semen dapat meningkatkan kepadatan kurang lebih 10%. Menurutnya, semen dapat menurunkan indeks plastisitas tanah kohesif yang disebabkan oleh menurunnya batas cair dan meningkatnya batas plastis.

Hatmoko, JT & Lulie, Y (2000: 67) melaporkan bahwa penambahan pasir dan semen dalam tanah lempung meningkatkan kepadatan, menurunkan pengembangan dan meningkatkan nilai CBR dengan cukup signifikan. Singh, 1975:27 menyatakan bahwa penggunaan jumlah semen sebagai bahan stabilisasi didasarkan pada kelompok tanah sehingga hasil stabilisasi akan mencapai kondisi yang lebih optimal.

Berdasarkan Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya Departemen Pekerjaan Umum (1972), berbagai jenis tanah setempat dapat digunakan untuk material jalan raya dengan ketentuan seperti dalam tabel dibawah ini

Tabel 2.17 Persyaratan nilai CBR dan PI untuk konstruksi badan jalan

No	Material	CBR (%)	IP (%)
1	Subgrade	≥ 6%	≤ 15%
2	Subbase	≥ 20%	≤ 10%
3	Base course	≥ 50%	≤ 4%

Sumber: Anonym (1972)

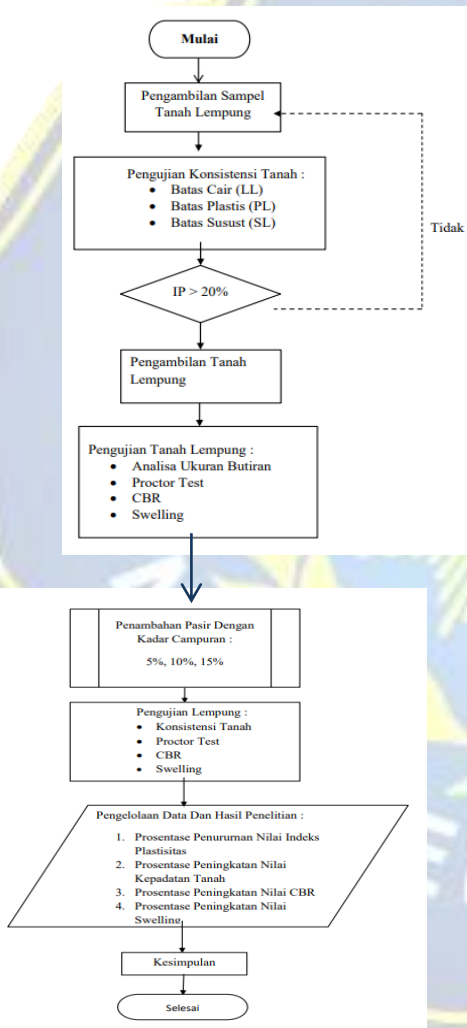
3. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi



Gambar 3.1 Lokasi pengambilan sampel tanah

Flow Chart



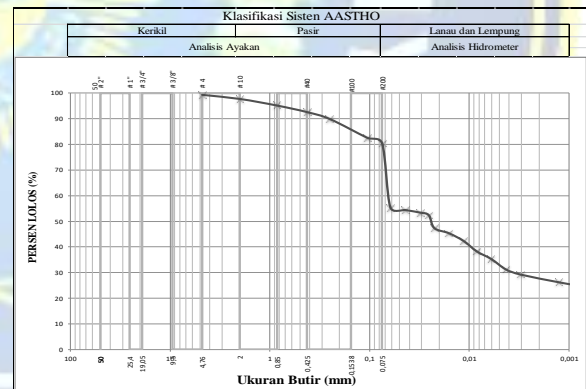
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

Tabel 4.1 Hasil Pengujian konsistensi

Presentase Penambahan Pasir					
No	Benda Uji	0%	5%	10%	15%
1	Batas Cair (LL)	51,08	43,27	39,42	36,17
2	Batas Plastis (PL)	27,22	25,66	24,73	23,33
3	Batas Susut (SL)	17,48	16,68	15,43	13,72
4	Indek Plastisitas (IP)	23,86	17,60	14,69	12,83

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium Universitas Muhammadiyah Jember

Menurut FH. Chen: Foundation On Expansive Soil untu nilai IP 0-15 potensial pengembangan rendah, IP 15-35 potensial pengembangan sedang, IP 20-55 potensial pengembangan tinggi, dan Berdasarkan Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya Departemen Pekerjaan Umum jenis tanah yang memenuhi syarat sebagai material subgrade jalan apabila memiliki nilai $IP \leq 15\%$.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan

Dilihat dari klasifikasi tanah menurut AASTHO

dengan batasan – batasannya antara lain :

Lolos ayakan No. 200 > 35 %

Batas cair (*Liquit Limit*) > 41 %

Nilai Ideks Plastisitas (IP) > LL – 30

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

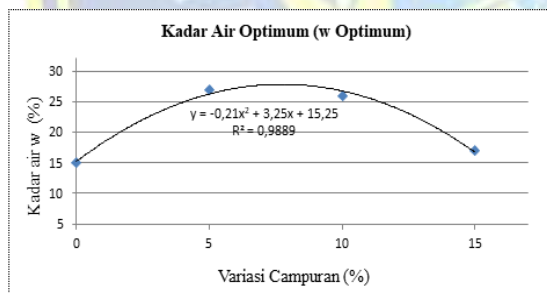
Menurut sistem klasifikasi AASTHO termasuk dalam jenis kelompok tanah **A-7-6** yaitu tipe material yang dominan adalah tanah lempung yang lebih bersifat plastis. Tanah ini mempunyai sifat perubahan volume cukup besar.

Hasil Analisa Pengaruh Pasir Terhadap Kepadatan Tanah

Tabel 4.8 Hasil analisa pengujian proctor

Penambahan Pasir (%)	W Optimum (%)	Nilai Yd (ton/m ³)	Y (ton/m ³)
0	15,00	1,53	1,79
5	27,00	1,61	1,96
10	26,00	1,62	1,97
15	17,00	1,67	1,96

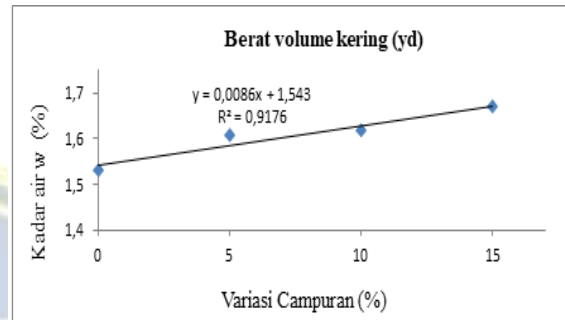
Sumber Hasil pengujian di laboratorium Universitas Muhammadiyah Jember



Gambar 4.13. Grafik Hubungan variasi campuran pasir terhadap kadar air optimum

Dari hasil pengujian kadar air optimum pada gambar 4.17 menjelaskan hubungan tanah lempung pada variasi campuran pasir di dapatkan nilai koefisien determinasi adalah $R^2 = 0,9889$. Artinya 98,89% data penelitian dapat dijelaskan pada gambar tersebut karena

mengalami kenaikan pada variasi campuran 5% dan 10%, terhadap kadar air optimum tanah.



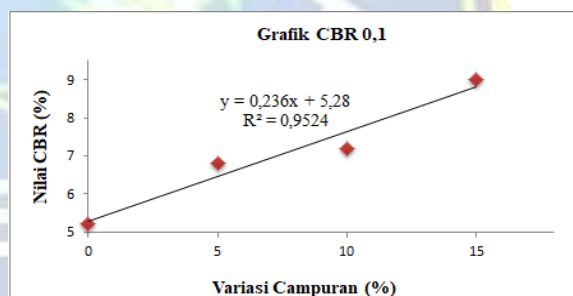
Gambar 4.14. Grafik Hubungan variasi campuran pasir terhadap berat volume kering

Hasil Analisa California Bearing Rasio (CBR)

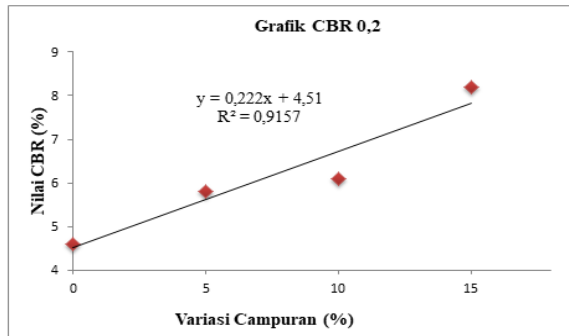
Tabel 4.9 Hasil analisa pengujian CBR

No	Prosentase			Nilai IP (%)
	Penambahan Pasir (%)	Nilai CBR 0,1 (%)	Nilai CBR 0,2 (%)	
1	0	5,2	4,6	23,86
2	5	6,8	5,8	17,60
3	10	7,2	6,1	14,69
4	15	9	8,2	12,83

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium Universitas Muhammadiyah Jember



Gambar 4.16 Grafik hasil pengujian CBR dengan variasi campuran pasir pada penetrasi 0,1



Gambar 4.17 Grafik hasil pengujian CBR dengan variasi campuran pasir pada penetrasi 0,2

Berdasarkan data tersebut nilai CBR 0,1 dan 0,2 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan dari tanah asli hingga pada campuran pasir 5%, 10%, 15%. Jadi penambahan pasir yang cukup baik berada pada campuran pasir prosentase 10% karena memenuhi standar klasifikasi bina marga divisi 2018 dengan SNI 1744: 2012 seperti pada tabel dibawah ini

Tabel 4.10 Klasifikasi perbaikan tanah dasar (subgrade)

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Deskripsi Struktur Fondasi Jalan (Tanah Asli dan Peningkatannya)	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Lalu Lintas Lajur Desain Umur Rencana 40 tahun (juta CESA pangkat 5)	< 2	2 - 4	
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi semen atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤ 200 mm tebal lepas)	Tidak perlu perbaikan			150 mm Stabilisasi Tanah Dasar di atas 150 mm Timbunan Pilihan
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2,5		175	250	350	
Tanah ekspansif (pengembangan potensial > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan Perbaikan Tanah Dasar Perkerasan Lentur
Perkerasan lentur di atas tanah lunak ⁽¹⁾	SG1 aluvial ⁽²⁾	Lapis penopang (<i>capping layer</i>) ⁽³⁾⁽⁴⁾	1000	1100	1200	
		atau Lapis Penopang dan Geogrid ⁽³⁾⁽⁴⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau Burda untuk jalan raya minor (nilai minimum - ketentuan lain digunakan)		Lapis penopang berbutir ⁽³⁾⁽⁴⁾	1000	1250	1500	

Sumber Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga 2018

Standar Bina Marga tahun 2018 mengenai perbaikan tanah dasar sebagai subgrade/ bahan penopang jalan dapat kita lihat pada tabel 4.10. Tabel tersebut menunjukkan bahwa CBR subgrade antara 2,5% sampai dengan 6% dibutuhkan stabilisasi semen atau timbunan pilihan. Pada obyek penelitian kami dimana penelitian dilakukan pada taanah subgrade Situbondo, di Jalan Pantura KM 30 Kec. Mlandingan, Kab. Situbondo CBR menunjukkan harga 5,2% sd 9%. Perbaikansubgrade yang kami tawarkan dalam penelitaan ini dengan melakukan substitusi tanah lempung pada obyek penelitian dengan pasir pada beberapas pilihan komposisi. Hasil menunjukkan bahwa substitusi sebesar 5 % pada subgrade tersebut mampu menaikkan CBR menjadi 6,8 % (untuk Nilai CBR 0,1%) dan 5,8 % (untuk nilai CBR 0,2%). Kami sarankan substitusi pasir sebanyak 10% karena dapat meningkat CBR 7,2 % (untuk CBR 0,1%) dan 6,1 (untuk CBR 0,2%)

Substitusi pasir sebanyak 10 % pada tanah subgrade Situbondo, di Jalan Pantura KM 30 Kec. Mlandingan, Kab. Situbondo sudah cukup untuk meningkatkan CBR tanah, menjadi nilai CBR ≥ 6% sesuai dengan standar peraturan Bina Marga 2018.

5. PENUTUP Kesimpulan

Dari penelitian diatas mengenai Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Nilai CBR Dana

Sifat – Sifat Propertis Tanah Lempung dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian tanah asli menurut klasifikasi AASHTO termasuk tanah jenis kelompok A7-6 dengan tanah berlempung sedang sampai buruk., artinya tanah bersifat lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi , dan berdasarkan dari hasil nilai IP , pada pencampuran – 5% bila dihubungkan dengan tabel potensial pengembangan ekspansif maka masih tergolong tinggi , pada pencampuran 10% potensial pengembangan ekspansif sudah tergolong sedang , dan pada campuran 15% potensial pengembangan ekspansif baru tergolong rendah.
2. Stabilisasi tanah ekspansif pada jalan Pantura Km 30 Kec. Mlandingan, Kab. Situbondo dengan campuran pasir 5%, nilai CBR sebesar 6,8 pada pembacaan 0,1 dan 5,8% pada pembacaan 0,2. Kemudian campuran pasir 10%, nilai CBR sebesar 7,2% pada pembacaan 0,1, dan 6,1% pada pembacaan 0,2. Kemudian pada campuran pasir 15%,

nilai CBR sebesar 9% pada pembacaan 0,1 dan 8,2% pada pembacaan 0,2

3. Sehingga stabilisasi tanah ekspansif jalan Pantura Km 30 Kec. Mlandingan, Kab. Situbondo dengan pasir pada prosentase campuran 10% memenuhi syarat sebagai material subgrade jalan dengan nilai CBR 7,2% pada pembacaan 0,1 dan 6,1% pada pembacaan 0,2 sudah memenuhi standar klasifikasi Bina Marga Devisi 2018 dengan nilai CBR $\geq 6\%$ dan masuk kelas tanah dasar SG6.

Saran

Penulis tugas akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna sehingga diharapkan untuk penelitian tugas akhir selanjutnya :

1. Untuk menentukan nilai cbr tanah di harapkan untuk memperbanyak variasi campuran dan perbanyak lagi sampel yang harus di uji sehingga bisa menggambarkan informasi lebih banyak lagi.
2. Bagi peneliti yang ingin melakukan penelitian lanjutan dapat menggunakan

variasi dengan lama pemeraman yang berbeda sehingga dapat dilihat perbandingan nilai antar variasi lama pemeraman.

3. Perlu dilakukan percobaan lagi terhadap nilai IP agar bisa memberikan gambaran yang jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Gati Sri Utami. (2015). *Stabilisasi Tanah Dasar (SUBGRADE) Jalan Darmahusada Indah Dengan Pasir Laut*. Jurnal terpublikasi: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Institut Teknologi Surabaya.
- Hamoko, H.C (2000), *Stabilisasi Tanah Lempung ekspansif dengan Menggunakan Stabilisator Pasir dan Semen*. Jurnal Teknik Sipil, Volume 8, No.1,2007 Universitas Atma Jaya, Jogjakarta.
- Ir. Banta Chairullah, M.Ing. (2018). *Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Untuk Material Tanah Dasar Sub Grade Dan Sub Base Jalan Raya*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
- Ir. Noor Endah Mochtar M.Sc., P. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1: 9,15,29*.
- Puspa Dewi Ainul Mala, Machfud Ridwan (2017) *Analisis Penambahan Fli Ash Terhadap Daya Dukung Pondaasi Dangkal Pada Tanah Lempung Ekspansif*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
- Reza Roseno Rahmadya, Arief Rachmansyah, Yulvi Zaika. (2014). *Pengaruh Penambahan Bahan Campuran (Dengan Slag Baja Dan Fli Ash) Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai CBR Dan Swelling*. Jurnal terpublikasi : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Yanwar Eko Prasetyo, Yulvi Zaika, Suroso. (2015). *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dan Kapur Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif Di Bojonegoro*. Jurnal terpublikasi : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Yayuk Apriyanti. (2013). *Peningkatan Nilai CBR Tanah Lempung Dengan Menggunakan Semen Untuk Timbunan Jalan*. Jurnal terpublikasi : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.
- Zaki Abdulghani. (2010). *Pengaruh Pencampuran Pasir dan Semen Terhadap Kekuatan Geser Tanah Ekspansif Melalui Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi*. Jurnal terpublikasi: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik University of Indonesia