

KARAKTERISTIK TANAH KUPANG DENGAN CAMPURAN SEMEN KUPANG UNTUK LAPIS FONDASI JALAN

Deborah Maria Getruide Lodorohi¹, Ricky Fernando Yong², Paravita Sri Wulandari³ and Harry Patmadjaja⁴

ABSTRAK : Semen merupakan salah satu campuran yang paling sering digunakan dalam stabilisasi tanah. Pada penelitian ini peneliti menambahkan campuran semen Kupang 4%, 6%, 8% ke dalam tanah Kupang untuk diketahui karakteristik untuk lapis pondasi jalan yang memenuhi syarat Bina Marga serta kadar semen optimum yang memenuhi syarat Kuat Tekan Bebas (UCS) dan *California Bearing Ratio* (CBR). Metode penelitian ini meliputi pengujian fisik tanah dan mekanik tanah. Pengujian fisik meliputi analisa ayakan, berat jenis, *Proctor Test*, *Plastic Limit*, *Liquid Limit* dan permeabilitas. Sedangkan untuk pengujian mekanik meliputi UCS dan CBR. Hasil dari CBR *soaked* berturut-turut 0%, 4%, 6%, 8% adalah 6,40%, 39%, 130% dan 189%. Hasil dari CBR *unsoaked* berturut-turut 0%, 4%, 6%, 8% adalah 12,30%, 67,50%, 160% dan 262,50%. Kadar campuran semen 4%, 6%, 8% memenuhi syarat Bina Marga yaitu minimum 15%. Hasil Kuat Tekan Bebas (UCS) berturut-turut 0%, 4%, 6%, 8% adalah 0 kg/cm², 296,96 kg/cm², 342,28 kg/cm², 789,76 kg/cm². Dari penelitian disimpulkan bahwa tanah Kupang termasuk dalam tanah pasir bergradasi baik dan kadar campuran semen Kupang optimum yang memenuhi persyaratan adalah 6%.

KATA KUNCI: semen kupang, stabilisasi, ucs, cbr.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi negara berkembang dipengaruhi oleh infrastruktur negara tersebut. Seperti yang diketahui bahwa pemerintah saat ini berfokus untuk mengembangkan infrastruktur sebagai penunjang ekonomi di daerah-daerah tertinggal, khususnya di Nusa Tenggara Timur (NTT). Berdasarkan data dari BPS tahun 2015, NTT memiliki panjang jalan sebanyak 2560,29 km terbagi menjadi status jalan Negara sebanyak 88,80 km dan jalan Provinsi 2471,49 km (Sitorus dkk, 2017). Pembangunan jalan raya yang berkualitas dipengaruhi campuran aspal dan material agregat untuk lapis fondasi jalan. Lapisan fondasi dipengaruhi oleh material agregat halus dan kasar, seperti pasir dan kerikil. Pada beberapa kota di NTT, pasir dan kerikil memiliki harga yang mahal dikarenakan lokasi sumber daya yang jauh. Sehingga alternatif pengganti yang digunakan salah satunya tanah putih berkapur atau tanah Kupang. Tanah jenis ini mempunyai harga yang murah dibandingkan pasir dan kerikil yang dijual di pasaran. Pada penelitian ini, tanah Kupang digunakan sebagai pengganti agregat dalam lapisan fondasi jalan dengan penambahan variasi kadar semen Kupang sebagai stabilisator. Semen merupakan bahan pozolalik dimana bersifat mengikat dan dapat mengeras bila dicampurkan dengan air (Lubis, 2015). Dengan penambahan semen, tanah yang mengandung kadar air tertentu akan mengeras sehingga kestabilannya akan meningkat. Selain itu dicampurkannya semen dengan tanah dapat meningkatkan daya dukung tanah secara signifikan (Andriani dkk, 2012).

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21416007@john.petra.ac.id.

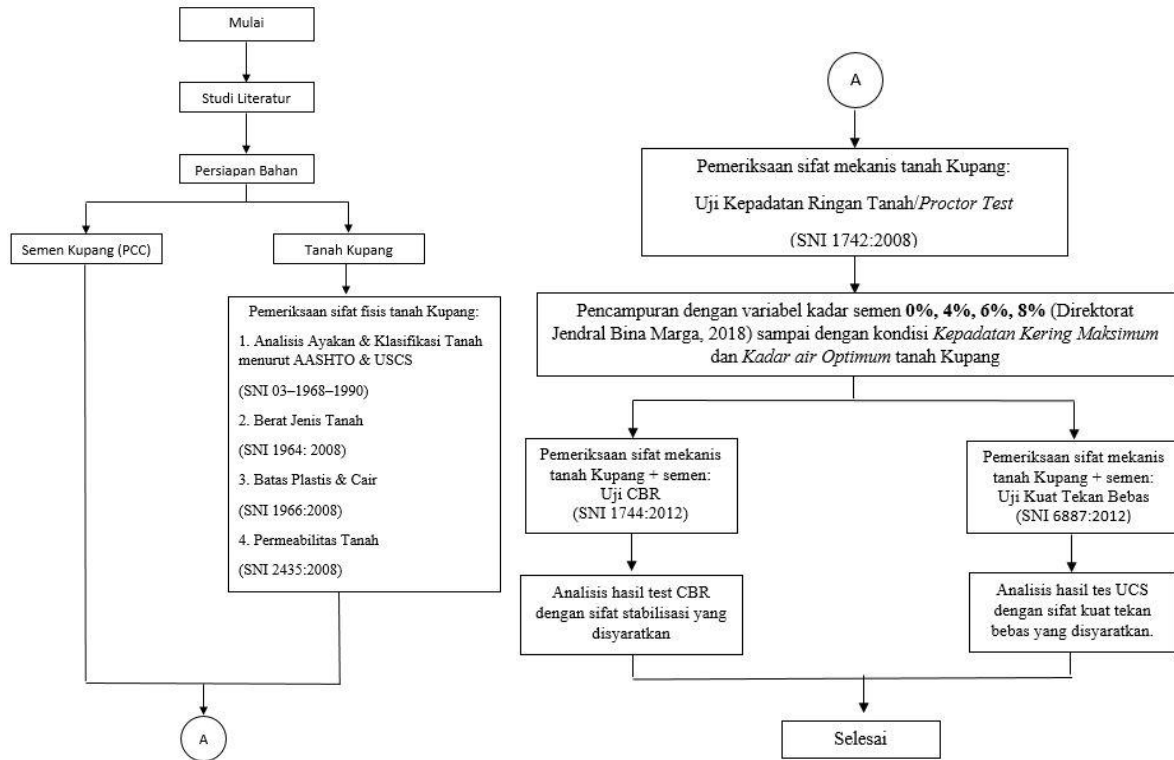
² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21416147@john.petra.ac.id.

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, paravita@john.petra.ac.id.

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, harryp@john.petra.ac.id.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah Kupang yang dicampur semen Kupang untuk lapis fondasi jalan dan mengetahui kadar optimum semen Kupang yang memenuhi syarat Kuat Tekan Bebas (*UCS/Unconfined Compression Strength*) dan CBR (*California Bearing Ratio*). Sehingga diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan material lokal, dalam hal ini tanah Kupang, sebagai salah satu material alternatif dan mengurangi biaya pembangunan lapis fondasi jalan di daerah Nusa Tenggara Timur (NTT).

2. METODOLOGI



Gambar 1. Kerangka Alur Penelitian yang Digunakan

Metode penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap, seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 1**, dimana tahap pertama adalah uji fisik yang berfungsi untuk mengetahui karakteristik tanah dan tahap kedua adalah uji mekanik untuk mengetahui kekuatan tanah.

Tahap I

Pada tahap ini yang dilakukan pertama adalah melakukan Analisis Ayakan dan Klasifikasi Tanah yang sesuai dengan SNI 03-1968-1990, setelah itu pengujian Berat Jenis Tanah yang sesuai dengan SNI 1964:2008, kemudian pengujian Batas Plastis dan Cair yang sesuai dengan SNI 1966:2008 dan diakhiri dengan pengujian Permeabilitas Tanah yang sesuai dengan SNI 2435:2008.

Tahap II

Pada tahap ini dilakukan pencampuran material tanah dengan 4 macam variabel kadar semen berturut-turut tanpa semen kemudian menambahkan 4% semen dari berat tanah Kupang kering dengan interval 2% hingga maksimum 8% semen hingga terdapat 4 macam variasi. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian Pemadatan (*proctor test*) pada masing-masing variabel kadar semen sesuai SNI 1742:2008. Setelah pengujian selesai dilakukan, dilanjutkan dengan pengujian Kuat Tekan Bebas (UCS) sesuai dengan SNI 6887:2012. Sampel tanah Kupang dibuat masing-masing 3 (tiga) buah sampel untuk masing-masing variasi kadar semen Kupang. Kadar air yang diberikan merupakan kadar air optimum (*optimum water content*) tiap variasi kadar semen Kupang yang didapatkan dari uji Kepadatan Ringan Tanah (*Proctor Test*). Setelah itu sampel-sampel tersebut diberi perawatan selama 7 (tujuh) hari kemudian diuji Kuat Tekannya. Pengujian selanjutnya adalah pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) sesuai SNI 1744:2012.

Pembuatan sampel sebanyak 6 (empat) buah yang dibagi menjadi 3 (satu) buah sampel tanpa rendaman dan 3 (tiga) buah sampel dengan rendaman. Setelah pengujian *CBR* selesai dilakukan maka akan dilakukan perhitungan sehingga akan diketahui kadar semen optimum dari percobaan Kuat Tekan dan *CBR* yang lolos syarat Bina Marga 2018 untuk lapis pondasi jalan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

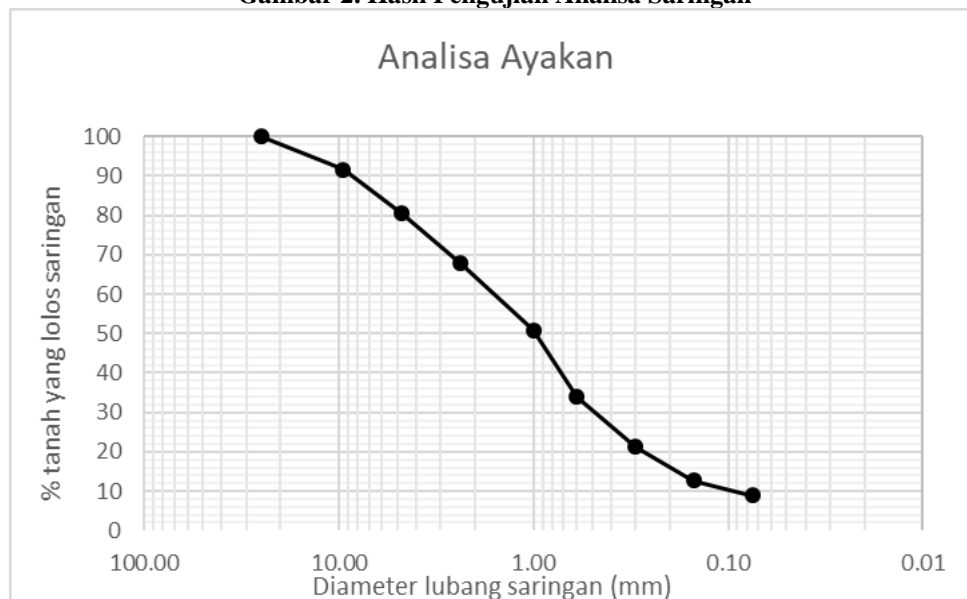
Pengujian Karakteristik Tanah Asli

Hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Kristen Petra Surabaya diperoleh data karakteristik tanah Kupang yang meliputi uji analisa butiran, uji berat jenis, batas-batas *atterberg* (batas plastis dan cair), pemadatan (*proctor*) dan uji permeabilitas. Hasil pengujian karakteristik tanah Kupang secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Uji Karakteristik Tanah Asli

No.	Karakteristik	Hasil
1	<i>Spesific Gravity</i> (Gs)	2,66
2	<i>Plastic Limit</i> (%)	NP
3	<i>Liquid Limit</i> (%)	21
4	<i>Plasticity Index</i> (PI)	-
5	<i>Fines</i> (%)	9
6	<i>Permeability</i> (m/s)	$7,49 \times 10^{-4}$
7	Kadar Air Optimum (%)	11,53
8	<i>Maks. Dry Density</i> (gr/cm ³)	1,67

Gambar 2. Hasil Pengujian Analisa Saringan



Berdasarkan **Gambar 2** didapatkan nilai C_u (*Coefficient of Uniformity*) sebesar 18,125 dan C_c (*Coefficient of Curvature*) sebesar 1,55. Berdasarkan klasifikasi tanah pada **Tabel 2**, tanah Kupang masuk dalam kategori Pasir Bergradasi Baik (*sand-well graded*).

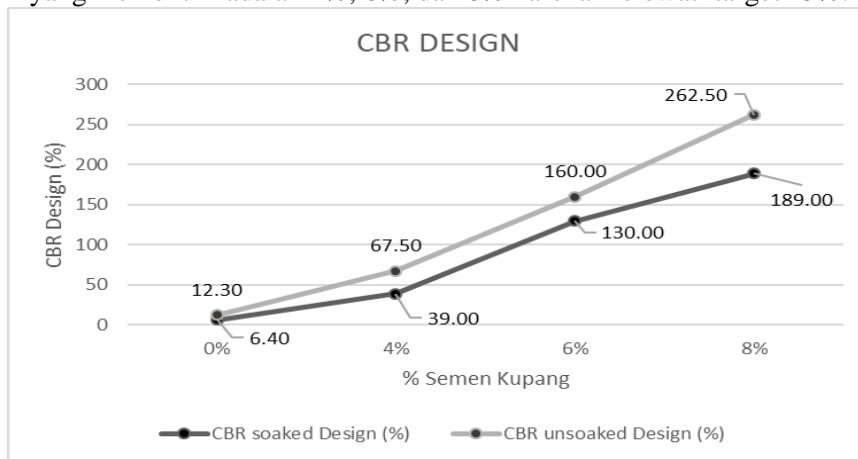
Tabel 2. Klasifikasi Kriteria Tanah

Kriteria untuk Menetapkan Simbol-Simbol Kelompok dan Nama-Nama Kelompok Menggunakan Pengujian-Pengujian Laboratorium ^a				Klasifikasi Tanah	
				Simbol Kelompok	Nama Kelompok ^b
TANAH BERBUTIR KASAR >50% tertahan ayakan No. 200	Kerikil (Lebih besar dari 50% Fraksi kasar yang tertahan ayakan No. 4)	Kerikil bersih (Butir halus ^c < 5%)	Cu ≥ 4 dan 1 ≤ Cc ≤ 3 ^d	GW	Kerikil ^F bergradasi baik
			Cu < 4 dan/atau Cc < 1 atau Cc > 3 ^d	GP	Kerikil ^F bergradasi jelek
		Kerikil dengan butir halus (Butir halus ^c > 12%)	Butir halus diklasifikasikan sebagai ML atau MH	GM	Kerikil ^{E, F, G} lanauan
		Butir halus diklasifikasikan sebagai CL atau CH	GC	Kerikil ^{E, F, G} lempungan	
	Pasir (Lebih besar ≥ 50% Fraksi kasar yang lolos ayakan No. 4)	Pasir bersih (Butir halus ^d < 5%)	Cu ≥ 6 dan 1 ≤ Cc ≤ 3 ^d	SW	Pasir ^I bergradasi baik
			Cu < 6 dan/atau Cc < 1 atau Cc > 3 ^d	SP	Pasir ^I bergradasi jelek
Pasir dengan butir halus (Butir halus ^d > 12%)		Butir halus diklasifikasikan sebagai ML atau MH	SM	Pasir ^{F, G, I} lanauan	
	Butir halus diklasifikasikan sebagai CL atau CH	SC	Pasir ^{F, G, I} lempungan		
TANAH BERBUTIR HALUS ≥ 50% lolos Ayakan No. 200	Lanau dan lempung Batas cair < 50	Non Organik	PI > 7 dan terletak pada atau di atas garis "A"	CL	Lempung ^{K, L, M} rendah
			PI < 4 atau terletak di bawah garis "A"	ML	Lanau ^{K, L, M}
		Organik	Batas cair - kering oven < 0,75	OL	Lempung ^{K, L, M, N} organik
		Batas cair - tidak kering		Lanau ^{K, L, M, O} organik	
	Lanau dan lempung Batas cair ≥ 50	Non Organik	PI terletak pada atau di atas garis "A"	CH	Lempung ^{K, L, M} tinggi
			PI terletak di bawah garis "A"	MH	Lanau ^{K, L, M} elastis
Organik		Batas cair - kering oven < 0,75	OH	Lempung ^{K, L, M, P} organik	
	Batas cair - tidak kering		Lempung ^{K, L, M, O} organik		
TANAH BERORGANIK	Secara primer terdiri atas zat-zat organik, berwarna gelap dan berbau organik			PT	Gambut

Sumber: SNI 6371:2015

Pengujian CBR (California Bearing Ratio)

Dari pengujian, seperti yang dilihat pada **Gambar 3**, dapat diketahui bahwa hasil *CBR soaked* berturut-turut dari 0% hingga 8% adalah 6,40%, 39%, 130%, dan 189%. Sedangkan untuk hasil *CBR unsoaked* berturut-turut dari 0% hingga 8% adalah 12,30%, 67,50%, 160% dan 262,50%. Dengan meningkatnya penambahan semen dalam campuran tanah asli, semakin meningkat pula hasil CBRnya. Hal ini menunjukkan korelasi antara penambahan semen dengan hasil CBR. Hasil CBR desain yang digunakan adalah saat kondisi *soaked*. Berdasarkan Syarat Bina Marga 2018 pada **Tabel 3**, kadar semen optimum yang memenuhi adalah 4%, 6%, dan 8% karena melewati target 15%.



Gambar 3. Grafik CBR Desain

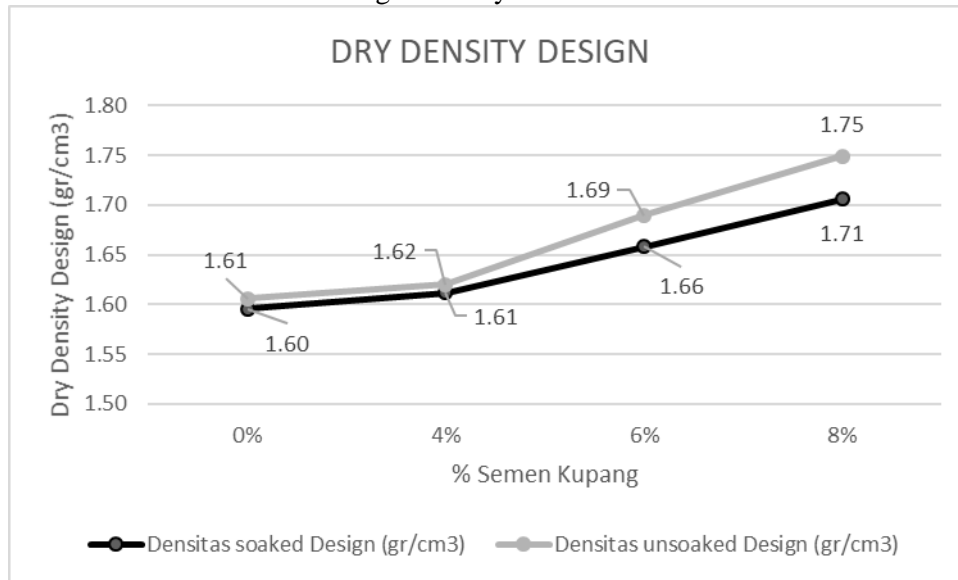
Tabel 3. Sifat Stabilisasi Tanah yang disyaratkan untuk Lapis Fondasi Tanah Semen

PENGUJIAN	BATAS-BATAS SIFAT (Setelah Perawatan 7 Hari)			METODE PENGUJIAN
	Minimum	Target	Maksimum	
California Bearing Ratio (CBR) % untuk Campuran Stabilisasi Tanah Dasar	12	15	-	SNI 1744:2012

Sumber: Bina Marga 2018

Densitas Kering

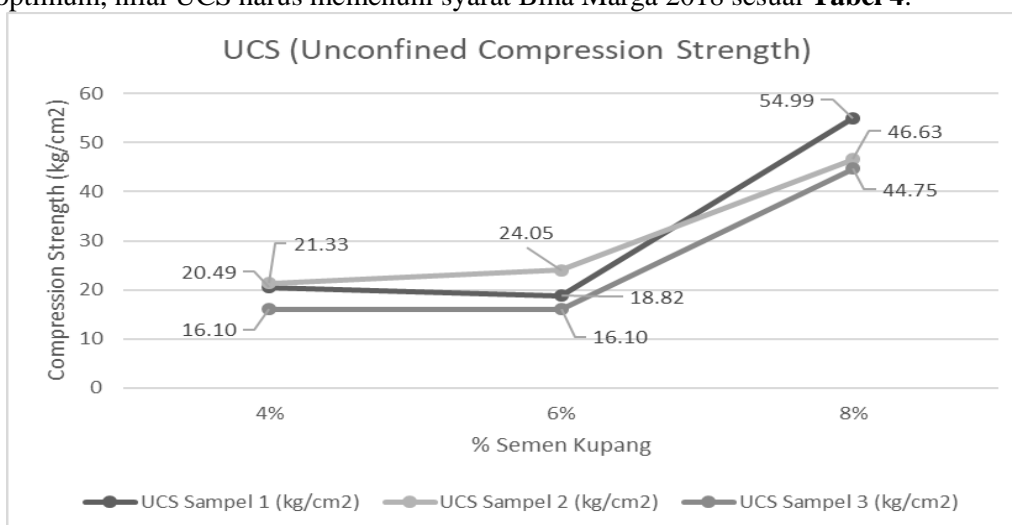
Pada **Gambar 4** menunjukkan grafik densitas kering desain dimana hasilnya didapatkan dari 95% densitas kering maksimum pada setiap variasi penambahan semen. Semakin bertambahnya kadar semen dalam campuran, semakin tinggi bertambah pula nilai densitas kering desainnya. Pada keadaan *soaked* didapatkan hasil berturut-turut dari 0% hingga 8% adalah 1,60 gr/cm³, 1,61 gr/cm³, 1,66 gr/cm³, 1,71 gr/cm³. Sedangkan pada keadaan *unsoaked* didapatkan hasil berturut-turut dari 0% hingga 8% adalah 1,61 gr/cm³, 1,62 gr/cm³, 1,69 gr/cm³, 1,75 gr/cm³. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada percobaan CBR ini , semakin bertambahnya kadar semen dalam campuran semakin tinggi pula nilai CBR desain dan Densitas Kering Desainnya.



Gambar 4. Grafik Densitas Kering Desain

Pengujian UCS (*Unconfined Compression Strength*)

Hasil dari pengujian UCS (*Unconfined Compression Strength*) pada penelitian ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar semen pada campuran tanah asli, maka meningkat pula hasil UCSnya. Berdasarkan **Gambar 5** hasil pada pengujian ini diambil nilai maksimum berturut-turut dari 0% sampai 8% adalah 0 kg/cm², 21,33 kg/cm², 24,05 kg/cm², dan 54,99 kg/cm². Untuk mendapatkan kadar semen optimum, nilai UCS harus memenuhi syarat Bina Marga 2018 sesuai **Tabel 4**.



Gambar 5. Grafik Peningkatan Nilai Kuat Tekan terhadap Penambahan Semen Kupang

Tabel 4. Sifat Kuat Tekan yang Disyaratkan untuk Lapis Fondasi Tanah Semen

PENGUJIAN	BATAS-BATAS SIFAT (Setelah Perawatan 7 Hari)			METODE PENGUJIAN
	Minimum	Target	Maksimum	
Kuat Tekan Bebas (<i>Unconfined Compressive Strength/UCS</i>) kg/cm ² untuk Lapis Fondasi Tanah Semen	20	24	35	SNI 6887:2012

Sumber: Bina Marga 2018

Jika dilihat dari persyaratan Bina Marga 2018, dimana minimum UCS adalah 20 kg/cm² dan maksimum adalah 35 kg/cm², maka kadar semen optimum untuk UCS ada pada penambahan 6% semen pada campuran tanah asli 24,05 kg/cm² karena hasilnya melewati target Bina Marga 24 kg/cm².

4. KESIMPULAN

- Berdasarkan pengujian analisa ayakan, berat jenis, dan batas-batas atterberg maka Tanah Kupang pada penelitian ini termasuk dalam kategori Pasir Bergradasi Baik (*sand-well graded*) Non Plastis.
- Kadar semen optimum yang dapat diambil berdasarkan pengujian CBR dan UCS adalah 6% karena kadar campuran semen tersebut sesuai dengan persyaratan dalam Bina Marga 2018.

5. DAFTAR REFERENSI

- Andriani, Yuliet, R., & Fernandez, F. L. (2012). Pengaruh Penggunaan Semen sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit terhadap Nilai CBR Tanah. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(1), 29-44.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi dan Jembatan*, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta, Indonesia.
- Lubis, Kamaluddin. (2015), Analisa Perkuatan Tanah dengan Menggunakan Semen sebagai Bahan Tambahan dalam Meningkatkan Nilai CBR pada Tanah Lempung. *Jurnal Teknik Sipil & Arsitektur, Universitas Medan Area, Vol.1 No.2., hal 50-52.*
- Sitorus, C.N, Sitorus, Budi. (2017), Pengembangan Infrastruktur Transportasi di Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik – Vol.04 No.02, Juli 2017.*
- SNI 03-1968-1990. (1990). *Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- SNI 1742:2008. (2008). *Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- SNI 1744:2012. (2012). *Metode Uji CBR Laboratorium*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- SNI 1964:2008. (2008). *Cara Uji Berat Jenis Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- SNI 1966:2008. (2008). *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- SNI 6887:2012. (2012). *Metode Uji Kuat Tekan Silinder Campuran Tanah Semen*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- SNI 6371:2015. (2015). *Tata Cara Pengklasifikasian Tanah untuk Keperluan Teknik dengan Sistem Klasifikasi Unifikasi Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.