

ANALISIS PENAMBAHAN PASIR DAN SEMEN TERHADAP NILAI CBR TANAH DASAR DESA SUKODADI KABUPATEN LAMONGAN - MRK

Amalia Varyezqa Dyas¹, Gerard Aponno², Armin Naibaho³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

avaryezqa@gmail.com¹, gaponno@gmail.com², ar_naibaho@yahoo.co.id³

ABSTRAK

Tanah merupakan faktor yang dapat mempengaruhi struktur konstruksi jalan. Nilai CBR merupakan salah satu parameter untuk mengetahui daya dukung tanah, apabila nilai CBR tinggi maka daya dukung tanah baik sedangkan apabila nilai CBR rendah maka tanah perlu dilakukan stabilisasi. Tujuan dari skripsi ini adalah menentukan karakteristik tanah, menentukan nilai CBR tanah sebelum dan setelah distabilisasi, menyusun metode pelaksanaan dan rencana anggaran biaya pada pekerjaan tanah yang distabilisasi. Penelitian ini meliputi uji kadar air, uji berat isi, uji berat jenis, analisis butiran dengan hidrometer, uji batas atterberg, uji pemadatan (*modified*), dan uji CBR (*modified, soaked-unsaturated*). Pada pengujian ini menggunakan variasi penambahan pasir dan semen masing-masing 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat kering tanah. Dari hasil pengujian, tanah menunjukkan klasifikasi A-7-6 menurut AASHTO dengan nilai CBR rendaman (*soaked*) 2,98%. Variasi penambahan pasir dan semen sebesar 5% digunakan sebagai stabilisasi tanah dengan nilai CBR rendaman (*soaked*) 26,31%. Pekerjaan stabilisasi menggunakan *Soil Stabilizer/Pulvi Mixer, Watertank Truck, Motor Grader, Vibro Roller, Sheepfoot Roller, Dump Truck*, dll. dengan Rencana Anggaran Biaya Rp 6,505,291,980,- (*Enam Milyar Lima Ratus Lima Juta Dua Ratus Sembilan Puluh Satu Ribu Sembilan ratus Delapan Puluh Rupiah*).

Kata kunci: CBR; pasir dan semen, stabilisasi tanah

ABSTRACT

Soil is a factor that can affect the structure of road construction. The CBR value is one of the parameters to determine the bearing capacity of the soil, if the CBR value is high then the soil bearing capacity is good, while if the CBR value is low then the soil needs to be stabilized. The purpose of this thesis is to determine the characteristics of the soil, determine the CBR value of the soil before and after stabilization, develop an implementation method and budget plan for the stabilized earthwork. This research includes water content test, density test, specific gravity test, grain analysis with hydrometer, limit Atterberg test, compaction test (modified), and CBR test (modified, soaked-unsaturated). In this test, variations of the addition of sand and cement were 5%, 10%, 15%, 20%, and 25% of the dry weight of the soil, respectively. From the test results, showing soil classification according to AASHTO A-7-6 with a value of soaked CBR 2.98%. Variations addition of sand and cement by 5% is used as a soil stabilization with the value of soaked CBR 26.31%. Stabilization work using Soil Stabilizer/Pulvi Mixer, Watertank Truck, Motor Grader, Vibro Roller, Sheepfoot Roller, Dump Truck, etc. with a Budget Plan of IDR. 6,505,291,980 (Six Billions Five Hundred Five Millions Two Hundred Ninety One Thousands Nine Hundred Eighty Indonesian Rupiahs).

Key words: CBR; sand and cement; soil stabilization

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu infrastruktur dalam bidang transportasi yang saat ini sangat digalakkan oleh Pemerintah Indonesia untuk memudahkan masyarakatnya dalam proses mobilisasi.

Pada struktur konstruksi jalan raya, tanah dasar memiliki peran penting sebagai pondasi atau tumpuan struktur jalan.

Dalam menentukan jenis tanah yang dapat digunakan sebagai pondasi konstruksi jalan, dapat dilakukan pengujian CBR (California Bearing Ratio) sebagai salah satu parameter untuk mengetahui daya dukung tanah. Apabila nilai CBR tinggi maka daya dukung tanah baik sedangkan apabila nilai CBR rendah maka tanah perlu dilakukan stabilisasi.

Stabilisasi tanah merupakan cara guna memperbaiki sifat-sifat tanah dasar demi mencapai daya dukung yang

direncanakan, salah satunya dengan menambahkan bahan-bahan pada tanah untuk mengurangi tingkat kadar air pada tanah. Penelitian ini dilakukan guna mengetahui metode stabilisasi tanah dengan penggabungan metode konvensional dan kimiawi, yaitu penambahan bahan pasir dan semen pada sampel tanah yang diambil.

Penelitian Terdahulu

Gati Sri Utami, dkk, (2015), dalam jurnal yang berjudul "Stabilisasi Tanah Dasar (*Subgrade*) Dengan Menggunakan Pasir Untuk Meningkatkan Nilai CBR Dan Menurunkan Swelling". Dengan kadar variasi penambahan pasir 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% didapatkan kadar optimum pada variasi penambahan pasir sebesar 40% dengan nilai Liquid Limit (LL) mengalami penurunan sebesar 13%, Plastic Limit (PL) menurun sebesar 2.8%, dan Indeks Plastisitas (PI) menurun sebesar 10.20% dari nilai tanah asli. Pada pengujian Proctor test didapat nilai maksimum naik hingga 13.90% dari nilai maksimum tanah. Pada percobaan CBR Laboratorium mengalami kenaikan dengan nilai rata-rata CBR sebesar 16.485% dengan nilai free swelling menurun menjadi 1.667% dengan masa pemeraman 4x24 jam.

Andriani, dkk, (2008), Dalam jurnal yang berjudul "Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah". Dengan kadar variasi penambahan semen sebesar 5%, 10 %, 15%, dan 20% didapatkan sifat plastis tanah menurun dengan nilai Indeks Plastisitas menjadi 4.577% dari nilai IP tanah asli pada variasi penambahan semen 10%. Pada uji pemadatan dengan proctor standar, didapat nilai tanah asli hingga kadar variasi 20% berturut-turut 1,23 gr/cm³, 1,262 gr/cm³, 1,291 gr/cm³, 1,319 gr/cm³ dan 1,35 gr/cm³ untuk γ dr maks dan 37.5%, 36.65 %, 34.98 %, 34 %, 32.9 % untuk Kadar Air Optimum. Nilai CBR naik seiring dengan penambahan semen dengan peningkatan nilai CBR pada campuran optimum 20% dengan waktu pemeraman 3 hari adalah 64.138%.

Tanah

Dalam ilmu mekanika tanah yang disebut 'tanah' ialah semua endapan alam yang berhubungan dengan teknik sipil, kecuali batuan tetap (Soedarmo, Ir. G Djatmiko, 1993:11).

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, di samping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan (Das, 1995:1).

Stabilisasi Tanah

Menurut Panguriseng, Darwis (2001:9) dalam bukunya yang berjudul Stabilisasi Tanah, Stabilisasi tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan daya dukung suatu lapisan tanah, dengan cara

memberikan perlakuan (*treatment*) khusus terhadap lapisan tanah tersebut.

Jalan

Menurut Undang Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan, Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan pelengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Spesifikasi Struktur Perkerasan

Pada Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun (2017:6-15), CBR efektif tanah dasar hendaknya tidak kurang dari 6%. Gunakan stabilisasi apabila diperlukan. Tebal total tanah dasar stabilisasi adalah 150 mm untuk pemadatan biasa atau sampai dengan 300 mm apabila disyaratkan dan digunakan alat pemadat pad foot dengan berat statik 18 ton.

2. METODE

Pada penelitian ini dibutuhkan data primer berdasarkan hasil penelitian atau percobaan di laboratorium. Penelitian ini dilakukan untuk melihat parameter fisik maupun mekanis tanah sebelum dan sesudah distabilisasi. Penelitian ini dimulai dengan pengambilan sampel tanah yang dilanjutkan dengan pengujian karakteristik tanah, meliputi pengujian kadar air tanah (SNI 1965-2008), pengujian berat isi tanah, pengujian berat jenis tanah (SNI 1964-2008), Analisis Butiran dengan Hidrometer, Pengujian Batas Atterberg (SNI 1967-2008, SNI 1966-2008), Pengujian Pemadatan Berat (SNI 1743-2008), dan Pengujian CBR Laboratorium (SNI 1744-2012). Setelah didapatkan nilai karakteristik Tanah Asli, pengujian tanah asli dengan penambahan bahan stabilisasi pasir dan semen dengan kadar masing-masing 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dapat dilakukan.

Pengujian tanah asli dengan penambahan kadar pasir dan semen dilakukan untuk menentukan kadar variasi rencana yang dapat digunakan untuk stabilisasi tanah dasar (*subgrade*). Pengujian meliputi Pengujian Batas Atterberg, Pengujian Pemadatan Berat (*Proctor-Modified*), dan Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*). Setelah pengujian dilakukan, metode pelaksanaan dan Rencana Anggaran Biaya dapat disusun untuk pekerjaan stabilisasi.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 1 Bahan yang Digunakan pada Penelitian

No	Bahan	Keterangan
1	Tanah terganggu dan Tak Terganggu	Desa Sukodadi, Kabupaten Lamongan (STA 55±150)
2	Pasir	Pasir Hitam Lumajang
3	Semen	PC Tipe 1 (Semen Gresik)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis hasil pengujian karakteristik tanah dasar, pengujian pemadatan, dan pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) adalah sebagai berikut

Karakteristik Tanah Asli

Tabel 2 Hasil Pengujian Karakteristik Tanah Asli

Pengujian	Satuan	Nilai
Kadar Air (<i>w</i>)	%	19,29
Berat Isi Tanah (<i>γ_{wet}</i>)	gr/cm ³	1,70
Berat Jenis Tanah (<i>G_s</i>)	-	2,60
Batas Cair (<i>LL</i>)	%	64,53
Batas Plastis (<i>PL</i>)	%	24,94
Indeks Plastisitas (<i>PI</i>)	%	39,59
Analisis Hidrometer (Lolos Saringan 200)	%	98,64
Klasifikasi Jenis Tanah Menurut AASHTO (<i>American Association of State Highway and Transportation Official</i>)	-	A-7-6 (Tanah Berlempung)
Pemadatan Berat (<i>Modified</i>)		
Kadar Air Optimum (<i>OMC</i>)	%	13,20
Kadar Kering Maksimum (<i>MDD</i>)	gr/cm ³	1,875
CBR Rendaman (<i>Soaked</i>)	%	2,98
CBR Tanpa Rendaman (<i>Unsoaked</i>)	%	15,61
<i>Swelling</i>	%	9,11

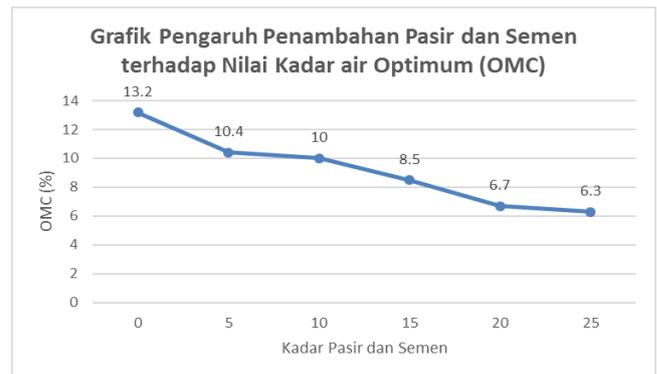
Sumber : Perhitungan

Hasil Pengujian Pemadatan Berat (*Proctor-Modified*)

Pengujian pemadatan dilakukan pada tanah asli serta tanah asli yang telah ditambahkan variasi pasir dan semen sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% pada masing-masing bahan dan didapatkan nilai Kadar Air Optimum (*OMC*) dan Kadar Kering Maksimum (*MDD*).

Tabel 3 Pengujian Pemadatan Berat (*Proctor-Modified*)

NO	VARIASI PASIR & SEMEN (%)	OMC (%)	MDD (gr/cm ³)
1	0	13,20	1,875
2	5	10,40	1,920
3	10	10,00	1,950
4	15	8,50	2,080
5	20	6,70	2,080
6	25	6,30	2,091



Gambar 1 Grafik Pengaruh Penambahan Pasir dan Semen terhadap Nilai Kadar air Optimum (*OMC*)



Gambar 2 Grafik Pengaruh Penambahan Pasir dan Semen terhadap Nilai Kadar Kering Maksimum (*MDD*)

Berdasarkan rekapitulasi di atas, dapat dilihat bahwa Nilai Kadar Air Optimum (*OMC*) menurun, sedangkan pada Nilai Padat kering Maksimum (*MDD*) meningkat akibat variasi penambahan pasir dan semen pada stabilisasi tanah asli Desa Sukodadi, Kabupaten Lamongan. Dari hasil tersebut, peningkatan nilai *MDD* yang signifikan terjadi pada variasi penambahan pasir dan semen sebesar 0% hingga 15%. Peningkatan terjadi pada variasi penambahan pasir dan semen sebesar 15% dengan nilai *MDD* 2.080 gr/cm³ dan nilai *OMC* sebesar 8,5%, sedangkan pada variasi penambahan 25% kadar *OMC* paling rendah dengan 6,5% dan Kadar Kering Maksimum sebesar 2,091 gr/cm³.

Hasil Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

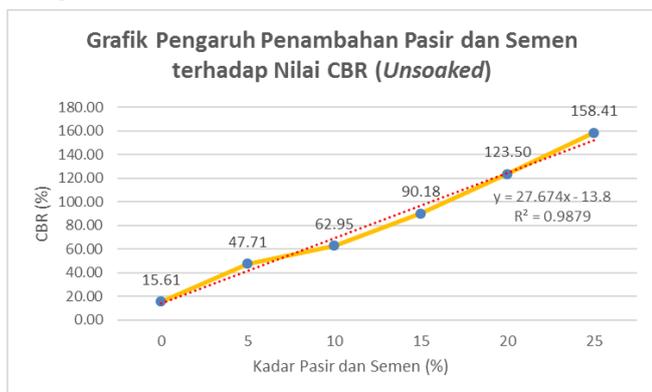
Adapun rekapitulasi hasil pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) laboratorium dan nilai *swelling* sebagai berikut

Tabel 4 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Laboratorium dan *Swelling*

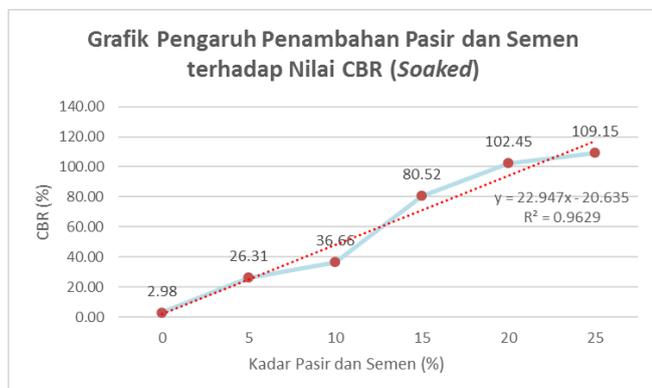
Sampel Tanah	CBR Modified (%)		Swelling (%)
	Unsoaked	Soaked	
Tanah Asli	15,61	2,98	9,11
Tanah Asli + 5% Pasir + 5% Semen	47,71	26,31	6,24
Tanah Asli + 10% Pasir + 10% Semen	62,95	36,66	6,15
Tanah Asli + 15% Pasir + 15% Semen	90,18	80,52	5,10
Tanah Asli + 20% Pasir + 20% Semen	123,50	102,45	4,44
Tanah Asli + 25% Pasir + 25% Semen	158,41	109,15	4,07

Sumber : Perhitungan

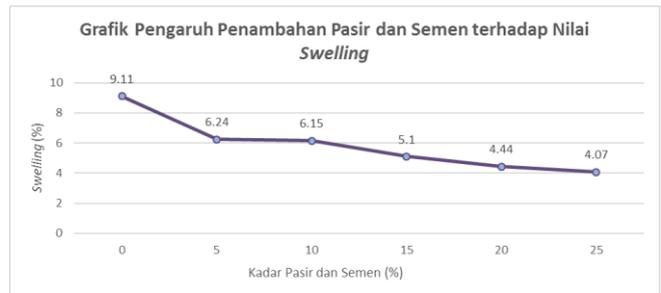
Berdasarkan **Tabel 4** dapat diketahui pengaruh stabilisasi tanah dengan pasir dan semen yang disajikan dalam bentuk grafik hasil pengujian CBR (Modified) dan nilai *swelling* sebagai berikut



Gambar 3 Grafik Pengaruh Penambahan Pasir dan Semen terhadap Nilai CBR (*Unsoaked*)



Gambar 4 Grafik Pengaruh Penambahan Pasir dan Semen terhadap Nilai CBR (*Soaked*)



Gambar 5 Grafik Pengaruh Penambahan Pasir dan Semen terhadap Nilai *Swelling*

Berdasarkan **Gambar 3**, **Gambar 4**, dan **Gambar 5**, diketahui nilai CBR tanah asli yang dipadatkan sebesar 2,98% terhadap pengujian CBR rendaman (*Soaked*) selama 4 hari dengan nilai *swelling* sebesar 3,18% dan sebesar 15,61% terhadap pengujian CBR tanpa rendaman (*Unsoaked*). Nilai CBR terbesar di dapat pada variasi penambahan 25% pasir dan semen dengan 158,41% tanpa perendaman (*Unsoaked*) dan 109,15% dengan nilai *swelling* 4,07% melalui tahap perendaman selama 4 hari (*Soaked*).

Dapat dilihat bahwa Nilai CBR (*California Bearing Ratio*) berbanding lurus atau semakin meningkat. Semakin bertambahnya variasi pasir dan semen pada tanah, air yang diserap oleh bahan stabilisasi semakin meningkat, berakibat terhadap berkurangnya air yang masuk pada pori-pori tanah sehingga nilai *swelling* semakin menurun seiring penambahan variasi pasir dan semen.

Penentuan Kadar Variasi Rencana



Gambar 6 Nilai CBR Rendaman Akibat Penambahan Pasir dan Semen dan Syarat Nilai CBR Minimum Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Berdasarkan **Gambar 6** hasil pengujian CBR rendaman (*soaked*) di atas, untuk variasi penambahan pasir dan semen 5% hingga 25% memenuhi syarat untuk digunakan dalam stabilisasi lapisan tanah dasar (*subgrade*). Jika dilihat pada variasi penambahan 15% hingga 25%, nilai CBR di dapatkan sebesar 80,52%, 102,45% dan 109,15%. Nilai ini terlalu besar mengingat nilai tersebut sudah setara dengan nilai CBR minimum lapis pondasi atas (*base*) yaitu >50%.

Melalui hasil tersebut, dapat dilihat bahwa variasi penambahan pasir dan semen sebesar 5% dengan nilai CBR

26,31% cukup untuk meningkatkan nilai daya dukung tanah dasar hingga melebihi nilai CBR minimum yaitu 6%. Selain itu faktor ekonomis juga dipertimbangkan dalam pekerjaan stabilisasi tanah dasar, sehingga variasi tersebut dapat digunakan sebagai variasi rencana untuk stabilisasi tanah.

Metode Pelaksanaan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di laboratorium, nilai CBR tanah asli menunjukkan nilai 2,98%. Dengan mengacu pada Bagan Desain 2 - Manual Desain Perkerasan Jalan tahun 2017, maka tebal minimum lapis pondasi stabilisasi pasir dan semen adalah 300 mm untuk beban lalu lintas diasumsikan di atas 4 juta ESA. Prosedur pekerjaan stabilisasi tanah adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan pemasangan rambu sementara pada jalan yang akan diperbaiki. Karena jalan masih akan digunakan, pemasangan rambu dapat diletakkan sebelum memasuki lokasi pekerjaan jalan seperti pemberitahuan bahwa terdapat perbaikan jalan dan himbauan untuk mengurangi kecepatan.
2. Lapisan aspal dihancurkan dengan menggunakan alat *Soil Stabilizer/Pulvi mixer* menjadi butiran kecil hingga mencapai lapisan tanah dasar.
3. Bahan stabilisasi diantarkan menuju area pekerjaan dengan menggunakan *dumpttruck*. Penghamparan bahan stabilisasi di atas tanah dilakukan secara manual oleh beberapa pekerja.
4. Setelah seluruh bahan stabilisasi telah dihamparkan, selanjutnya *soil stabilizer/ pulvi mixer* digunakan untuk mencampur tanah dengan bahan stabilisasi dibantu *watertank truck* untuk mendistribusikan air sehingga dapat terikat dan tercampur dengan baik, diikuti dengan *sheepfoot roller* untuk memadatkan tanah yang telah tercampur dengan bahan stabilisasi agar tidak melewati waktu ikat awal setelah pencampuran tanah dan bahan stabilisasi.
5. Penghamparan dan pembentukan badan jalan dengan *motor grader* dilakukan kembali setelah bahan stabilisasi dan tanah tercampur dan dipadatkan. Lebar dan tebal penghamparan disesuaikan dengan spesifikasi.
6. Pemadatan dilakukan kembali dengan *vibro roller* hingga mencapai kepadatan 95% - 100% melalui prosedur yang sama dengan pemadatan awal. Pemadatan dilakukan dari tepi menuju ke tengah sejajar sumbu jalan.
7. Pengujian CBR Lapangan dapat dilakukan untuk mengontrol kepadatan di lapangan apakah sesuai dengan ketentuan nilai kepadatan dari nilai Padat kering Maksimum (MDD) laboratorium.

Rencana Anggaran Biaya

Setelah didapat variasi penambahan 5% pasir dan semen sebagai bahan stabilisasi tanah dasar, besarnya Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam pekerjaan dihitung berdasarkan harga satuan bahan Kabupaten Lamongan Tahun 2020. Untuk Analisa Harga Satuan

Pekerjaan mengacu pada Peraturan Menteri PUPR Tahun 2016.

Rencana Anggaran Biaya untuk stabilisasi tanah dasar pada Jalan Nasional 1 Gresik–Babat Intersection Sukodadi Kabupaten Lamongan adalah sebesar Rp 6,505,291,980,- (*Enam Milyar Lima Ratus Lima Juta Dua Ratus Sembilan Puluh Satu Ribu Sembilan ratus Delapan Puluh Rupiah*) . Harga ini merupakan harga per 1000 m dan dapat disesuaikan terhadap panjang jalan di lapangan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pengujian analisis butiran dengan hydrometer dan batas *atterberg* yang telah dilakukan, Tanah asli diklasifikasikan ke dalam A-7-6 atau Tanah Berlempung menurut AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*).
2. Dari pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) Laboratorium yang telah dilakukan terhadap tanah asli yang dipadatkan, didapat nilai CBR sebesar 2,98%.
3. Dari pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) Laboratorium yang telah dilakukan terhadap tanah asli yang dipadatkan dan distabilisasi dengan pasir dan semen, didapat nilai CBR sebesar 26,31% terhadap variasi penambahan 5%.
4. Pelaksanaan stabilisasi tanah dengan pasir dan semen dilakukan secara mekanis menggunakan alat-alat berat seperti *Soil Stabilizer/Pulvi Mixer, Watertank Truck, Motor Grader, Vibro Roller, Sheepfoot Roller, Dump Truck*, dll.
5. Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan stabilisasi tanah dengan variasi pasir dan semen masing-masing 5% adalah sebesar Rp 6,505,291,980,- (*Enam Milyar Lima Ratus Lima Juta Dua Ratus Sembilan Puluh Satu Ribu Sembilan ratus Delapan Puluh Rupiah*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andriani, d. (2012). Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah. *Jurnal Rekayasa Sipil Volume 8 No. 1- 2012 ISSN 1858-2133*, 16.
- [2] Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [3] *Manual Desain Perkerasan Jalan (Revisi 2017) Nomor 02/M/BM/2017*. (2017). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga.

-
- [4] Panguriseng, D. (2001). *Stabilisasi Tanah*. Makassar: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.
- [5] *Permen PUPR No. 28 Tahun 2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. (2016). Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- [6] *SNI 1743:2008 Cara Uji Kepadatan Berat Untuk tanah*. (2008). Badan Standarisasi Nasional.
- [7] *SNI 1744: 2012 Metode Uji CBR Laboratorium*. (2012). Badan Standarisasi Nasional.
- [8] *SNI 1964:2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah*. (2008). Badan Standarisasi Nasional.
- [9] *SNI 1965:2008 Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan batuan di Laboratorium*. (2008). Badan Standarisasi Nasional.
- [10] *SNI 1966:2008 Cara Uji penentuan batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*. (2008). Badan Standarisasi Nasional.
- [11] *SNI 1967:2008 Cara Uji Penentuan Batas Cair*. (2008). Badan Standarisasi Nasional.
- [12] Soedarmo, & Purnomo. (1993). *Mekanika Tanah 1*. Malang: Penerbit Kanisius.
- [13] *Undang Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004*. (2004).
- [14] Utami, G. S. (2015). *Stabilisasi Tanah Dasar (Subgrade) dengan Menggunakan Pasir Untuk Menaikkan Nilai SBR dan Menurunkan Swelling*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Adhitama Surabaya, 10.