

**ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH (DDT) PADA *SUB GRADE*/TANAH DASAR
(Studi Kasus pada *Sub Grade* Lahan Parkir Kampus 3
Universitas Muhammadiyah Metro)**

Yusuf Amran

Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Metro, Lampung.
Email : yusufamran@yahoo.com

Abstrak

Tanah dasar sebagai pondasi perkerasan di samping harus mempunyai kekuatan atau daya dukung terhadap beban kendaraan, maka tanah dasar juga harus mempunyai stabilitas volume akibat pengaruh lingkungan terutama air. Tanah dasar yang mempunyai kekuatan dan stabilitas volume yang rendah akan mengakibatkan perkerasan mudah mengalami deformasi dan retak. Perkerasan yang dibangun pada tanah dasar yang lemah dan mudah dipengaruhi lingkungan akan mempunyai umur pelayanan yang pendek. Tanah dasar di wilayah lahan parkir pada kampus 3 Universitas Muhammadiyah Metro perlu dilakukan analisa lebih lanjut karena terindikasi tanah lempung. Wilayah tersebut memang sampai saat ini belum mengalami kerusakan dan permasalahan yang berarti di bidang tanah, namun tidak ada salahnya jika kita mengantisipasi dan mencegah timbulnya kerusakan/permasalahan-permasalahan di masa yang akan datang terutama pada tanah dasar di daerah tersebut. Dari gambaran permasalahan yang ditunjukkan di atas, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “**Analisis Daya Dukung Tanah (DDT) pada *Sub Grade*/Tanah Dasar (Studi Kasus pada *Sub Grade* Lahan Parkir Kampus 3 Universitas Muhammadiyah Metro)**”. Analisis tanah ini meliputi beberapa item pengujian yang akan dilakukan baik di lapangan maupun di laboratorium. Untuk uji di lapangan dilakukan uji *borring* dengan kedalaman maksimal -1m dengan pengambilan *disturbed sample* setiap kedalaman -20cm, -40cm, -60cm, -80cm dan -100cm. Setelah itu *sample* dibawa ke laboratorium guna mendapatkan informasi teknis mengenai parameter dan sifat dari *sample disturbed* tersebut melalui beberapa pengujian tanah antara lain uji Kadar Air, Berat Jenis Tanah, Analisa Saringan, *Liquid Limit*, *Plastic Limit*, *CBR* Laboratorium dan uji *Proctor*. Diharapkan dari hasil analisa ini bisa mendapatkan data dan cara yang efektif serta tepat guna mendukung Lembaga Universitas Muhammadiyah Metro untuk program peningkatan kualitas landasan dan layanan parkir terutama pada tanah dasar di kampus 3 Universitas Muhammadiyah Metro.

Kata Kunci : *DDT*, *CBR* Rencana, *Sub Grade* Lahan Parkir.

Pendahuluan

Tanah dasar merupakan pondasi bagi perkerasan baik perkerasan yang terdapat pada alur lalu-lintas maupun bahu. Dengan demikian tanah dasar merupakan konstruksi terakhir yang menerima beban kendaraan yang disalurkan oleh perkerasan. Pada kasus yang sederhana tanah dasar dapat terdiri atas tanah asli tanpa perlakuan sedangkan pada kasus lain yang lebih umum, tanah dasar terdiri atas tanah asli pada galian

atau bagian atas timbunan yang dipadatkan. Tanah dasar sebagai pondasi perkerasan disamping harus mempunyai kekuatan atau daya dukung terhadap beban kendaraan, maka tanah dasar juga harus mempunyai stabilitas volume akibat pengaruh lingkungan terutama air. Tanah dasar yang mempunyai kekuatan dan stabilitas volume yang rendah akan mengakibatkan perkerasan mudah mengalami deformasi dan retak. Perkerasan yang dibangun pada tanah dasar yang lemah dan mudah dipengaruhi

lingkungan akan mempunyai umur pelayanan yang pendek. Salah satu kekuatan atau kekokohan suatu konstruksi ditentukan oleh kualitas bahan dasar yang dipergunakan. Seperti pada suatu konstruksi jalan, kualitas tanah asli sebagai bahan dasar (*subgrade*) juga sangat menentukan kekuatan landasan. Jika tanah asli mempunyai daya dukung (kepadatan kering, CBR) rendah, maka konstruksi landasan akan cepat mengalami kerusakan. Kondisi landasan di lahan parkir kampus 3 UM. Metro masih tergolong baru dan belum mengalami pemadatan/perkuatan Daya Dukung Tanah yang memenuhi standar kekuatan tanah dasar.

Tanah merupakan bagian yang penting untuk berdirinya suatu bangunan, jalan raya, atau struktur lain yang berhubungan dengan ketekniksipilan. Sering kali suatu konstruksi mengalami kerusakan karena permasalahan yang terjadi pada tanah. Permasalahan ini tidak hanya terbatas pada penurunan saja tetapi mencakup secara menyeluruh, misalnya adanya pengembangan tanah, ketidakstabilan dan lain-lain. Analisa tentang tanah sangat dibutuhkan untuk mengetahui jenis tanah yang ada di lapangan dan akan dijadikan acuan untuk perbaikan struktur bawah landasan. Tanah dasar di lahan parkir kampus 3 UM. Metro perlu dilakukan analisa lebih lanjut karena terindikasi tanah lempung. Hal ini dapat dilihat dari kondisi fisik tanah, jika pada musim kemarau tanah menjadi keras/retak karena susut, sedangkan pada musim penghujan tanah menjadi lembek.

Tinjauan Pustaka

Tanah Dasar

Tanah dasar adalah berupa tanah asli atau tanah galian ataupun berupa tanah timbunan, yang merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat serta daya dukung dari tanah

dasar. Adapun fungsi dari tanah dasar (*sub grade*) adalah :

- a. Sebagian lapisan terbawah untuk tempat duduknya lapisan perkerasan di atasnya.
- b. Menerima beban akibat berat perkerasan di atasnya ditambah beban akibat muatan kendaraan yang menyebar.

Umumnya yang menyangkut persoalan tanah dasar adalah :

- a. Perubahan bentuk tetap (*permanent of deformation*) dari macam tanah tertentu akibat bena lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat dari pelaksanaan.
- d. Lentutan (*deflection*) dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan adanya penurunan, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk sedapat mungkin mencegah timbulnya persoalan di atas, maka beberapa hal perlu diperhatikan, yaitu :

1. Tanah dasar tanpa kohesi
2. Tanah dasar berkohesi
3. Tanah dasar dengan sifat mengembang yang besar
4. Mengusahakan daya dukung tanah dasar yang merata
5. Perbaikan tanah dasar untuk keperluan mendukung beban roda alat-alat besar.

Daya Dukung Tanah Dasar

Daya dukung tanah ditetapkan berdasarkan grafik korelasi. Daya dukung tanah dasar diperoleh dari nilai *CBR* atau *Plate Bearing Test*, *DCP* dan lain-lain. Penggunaan nilai *CBR* laboratorium pada

perencanaan tebal perkerasan jalan baru atau pelebaran, jika tanah dasarnya merupakan tanah timbunan, dan pada daerah di mana tanah dasarnya adalah tanah galian menggunakan nilai *CBR* yang diperoleh secara empiris dari hasil contoh tanah yang diambil.

Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah pengelompokan tanah sesuai dengan perilaku umum dari tanah pada kondisi fisik tertentu. Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah, untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, dan berguna untuk menyampaikan informasi mengenai keadaan tanah dari suatu daerah dengan daerah lainnya dalam bentuk suatu data dasar (Bowles J.E, 1991). Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

Sistem *Unified* (*Unified Soil Classification / USCS*)

Tabel 1. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	$w_L < 50 \%$	L
Organik	O	$w_L > 50 \%$	H
Gambut	Pt		

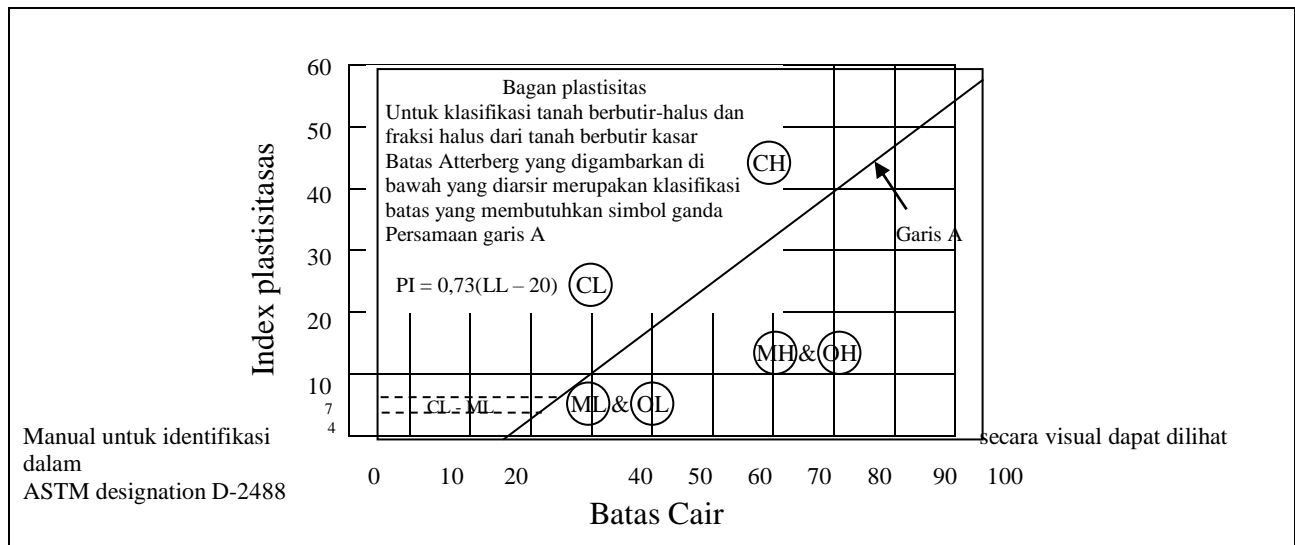
Sumber : (Bowles J.E, 1991).

Keterangan :

- G = Untuk kerikil (*Gravel*) atau tanah berkerikil (*Gravelly Soil*).
- S = Untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir (*Sandy soil*).
- M = Untuk lanau inorganik (*inorganic silt*).
- C = Untuk lempung inorganik (*inorganic clay*).
- O = Untuk lanau dan lempung organik.
- Pt = Untuk gambut (*peat*) dan tanah dengan kandungan organik tinggi.
- W = Untuk gradasi baik (*well graded*).
- P = Gradasi buruk (*poorly graded*).
- L = Plastisitas rendah (*low plasticity*).
- H = Plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified*

Divisi utama		Simbol kelompok	Nama umum
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan Butiran halus	GP Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			GM Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau
		Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Pasir bersih (hanyap asir)
	SW Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
	Pasir dengan butiran halus		SP Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SM Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	SC Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
ML Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung			
CL Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)			
Lanau dan lempung batas cair $> 50\%$		OL Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
		MH Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)	
OH Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi
Kriteria klasifikasi			
Klasifikasi berdasarkan persentase buti $\geq 12\%$ lolos saringan No. 200 GM, GC, SM, SC 5 - 12% lolos saringan No. 200 klasifikasi perbatasan yang memerlukan r halus $\leq 5\%$ lolos saringan No. 200 GW, GP, SW, SP penggunaan dua simbol		$C_u = D_{60} / D_{10} > \text{dari } 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda
		Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
		$C_u = D_{60} / D_{10}$ lebih besar dari 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda		
Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$			



Sumber : "Dasar-dasar Analisis Geoteknik, hal. 34", Dunn, dkk, 1992

Batas-Batas Atterberg

Batas kadar air yang mengakibatkan perubahan kondisi dan bentuk tanah dikenal pula sebagai batas - batas konsistensi atau batas - batas Atterberg (yang mana diambil dari nama peneliti pertamanya yaitu Atterberg pada tahun 1911). Pada kebanyakan tanah di alam, berada dalam kondisi plastis. Kadar air yang terkandung dalam tanah berbeda - beda pada setiap kondisi tersebut yang mana bergantung pada interaksi antara partikel mineral lempung. Bila kandungan air berkurang maka ketebalan lapisan kation akan berkurang pula yang mengakibatkan bertambahnya gaya-gaya tarik antara partikel-partikel. Sedangkan jika kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek seperti cairan. Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dibedakan ke dalam empat (4) keadaan dasar, yaitu : padat (*solid*), semi padat (*semi solid*), plastis (*plastic*), dan cair (*liquid*).

CBR (*California Bearing Ratio*)

California Highway - Division di Amerika Serikat mempergunakan istilah *California Bearing Ratio* (CBR) untuk menyatakan daya dukung tanah. Istilah ini menunjukkan suatu perbandingan (*ratio*)

antara beban yang diperlukan untuk menekan piston logam (luas penampang 3 *sqinch*) ke dalam tanah untuk mencapai penurunan (penetrasi) tertentu dengan beban yang diperlukan pada penekanan piston terhadap material batu pecah di California pada penetrasi yang sama.

Bor Tangan (*Hand Bor*)

Pekerjaan pengeboran dengan menggunakan bor tangan (*Hand Bor*) dilakukan untuk mengambil contoh tanah dari berbagai kedalaman. Biasanya digunakan koreksi sondir agar didapatkan kerelasi antara kekuatan tanah dan jenis tanah yang dikandungnya, kedalaman maksimum yang dapat dilakukan oleh bor tangan adalah 5 meter dan hanya untuk tanah lunak.

Percobaan Pemadatan Tanah Standart (*Compaction Standart Test*)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kepadatan maksimal suatu jenis tanah melalui tumbukan, untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan kepadatan suatu jenis tanah.

Analisa Saringan

Sifat-sifat tanah sangat tergantung pada ukuran butirannya. Besar butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanahnya. Oleh karena itu

analisa butiran merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan. Analisa butiran tanah adalah penentuan presentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Tujuan umum dari analisa ini adalah untuk mengetahui prosentase susunan butir tanah sesuai dengan batas. Dalam pengujian ini digunakan standar ASTM D422-63 (1990).

Metode Penelitian

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah dasar/*sub grade* (tanah lempung) yang terdapat di lahan parkir kampus 3 UM Metro Kota Metro.

Sampel Pengujian

Sampel Tanah Terganggu (*disturbed*)

Pelaksanaan Pengujian

1. Pengujian Kadar Air.
2. Pengujian Berat Jenis.
3. Pengujian Analisa Saringan.
4. Pengujian Batas - Batas Atterberg.
5. Pengujian pemadatan/*standard proctor*
6. CBR Laboratorium

Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan Data

Data-data yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium diolah menurut klasifikasi data dengan menggunakan persamaan-persamaan dan rumus-rumus yang berlaku. Hasil dari pengolahan data tersebut diuraikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Analisis Data

Semua hasil yang didapat dari pelaksanaan penelitian akan ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik hubungan serta dideskripsikan berdasarkan data yang didapat dari :

1. Hasil pengujian sampel tanah asli yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan digolongkan berdasarkan sistem klasifikasi tanah *USCS*.

2. Hasil pengujian sampel tanah asli terhadap masing-masing pengujian seperti uji analisis saringan, uji berat jenis, uji kadar air, uji batas-batas *Atterberg*, uji pemadatan tanah dan uji *CBR*, ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang nantinya akan didapatkan kadar air kondisi optimum dan berat isi kering tanah maksimum.
3. Analisis mengenai perubahan karakteristik pada sampel tanah, dalam kondisi pemeraman dengan perendaman atau tanpa perendaman dijelaskan dalam bentuk tabel dan grafik hasil pengujian dengan penjelasan sebagai berikut :
 - a. Dari hasil pengujian berat jenis didapatkan hasil pengujian yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik, dengan cara membandingkan nilai berat jenis sampel pada masing-masing perilaku. Dari tabel dan grafik nilai berat jenis tersebut maka akan didapatkan penjelasan perbandingan antara pengaruh masing-masing sampel yang diperam dengan perendaman dan yang diperam tanpa perendaman terhadap nilai berat jenisnya.
 - b. Dari hasil pengujian batas cair dan batas plastis (batas *atterberg*) didapatkan hasil pengujian yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik, dengan cara membandingkan nilai batas cair dan batas plastis sampel pada masing-masing perilaku tanah. Dari tabel dan grafik nilai batas cair dan batas plastis tersebut maka akan didapatkan penjelasan perbandingan antara pengaruh masing-masing sampel yang diperam dengan perendaman dan yang diperam tanpa perendaman dengan nilai batas cair dan batas plastisnya (batas *atterberg*).
 - c. Dari hasil pengujian *CBR* nilai kekuatan daya dukung dan stabilitas sampel tanah. Hasil

pengujian CBR ini ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara masing-masing perilaku tanah dengan nilai CBR dengan cara membandingkan nilai CBR pada setiap perilaku tanah. Dari tabel dan grafik nilai CBR tersebut maka akan didapatkan penjelasan antara pengaruh masing - masing perilaku tanah dengan nilai CBR nya.

Hasil Penelitian

Dari data hasil pengujian CBR Laboratorium, didapat nilai CBR sebagai berikut :

- a. CBR Tanpa Rendaman sebesar 2,10 %
- b. CBR Rendaman yang direndam selama 96 jam dan mengalami pengembangan sebesar 7,13 %

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sampel Tanah

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar air (ω)	21,42 %
2	Berat Jenis (Gs)	1,51
3	Batas Atteberg :	
	a. Batas Cair (LL)	50,50 %
	b. Batas Plastis (PL)	15,69 %
	c. Indeks Plastisitas (PI)	34,81
4		0,00
5	Gradasi lolos saringan no. 200	28,50 %
	Pemadatan :	1,56 gr/cm ³
6	a. Kadar air optimum	2,10 %
	b. Berat isi kering maksimum	7,33 %
	c. (Pengembangan)	
	CBR :	
	a. CBR Tanpa rendaman	
	b. CBR Rendaman	

Sumber : hasil pengujian dilaboratorium.

Menurut sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification*), dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki angka batas cair di atas 50 % yaitu 50,50 %. maka berdasarkan tabel klasifikasi USCS tanah di daerah lahan parkir kampus 3 UM Metro secara umum dikategorikan golongan tanah

lempung berpasir dengan plastisitas rendah. Serta untuk nilai batas cair 50,50% dan *indeks plastisitas* 34,81%, bila nilai tersebut diplotkan pada diagram *plastisitas USCS* pada tabel bagan *plastisitas*, tanah yang diuji tersebut termasuk dalam kelompok *CL* yaitu Lempung *anorganik* dengan *plastisitas* rendah.

Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, yang dilakukan pada sampel tanah dari lokasi penelitian dan pengujian yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dari uji fisik tanah asli yang dilakukan di laboratorium didapat kadar air sebesar 21,42% dan berat jenis 1,51. Untuk batas-batas *atteberg* yaitu batas cair (LL) 50,50%, batas plastis (PL) 15,69%, dan *indeks plastisitas* (PI) 34,81%. Sedangkan nilai CBR Laboratorium tanah asli tanpa rendaman (*unsoaked*) sebesar 2,10% dan nilai pengembangan (*swelling*) pada CBR rendaman (*soaked*) sebesar 7,13%.
2. Dari nilai hasil pengujian CBR laboratorium dan pemadatan tanah standar (*standard proctor*), maka didapat daya dukung tanah berupa nilai CBR rencana sebesar 1,98%, nilai ini sekaligus merupakan parameter tingkat kepadatan minimum lapisan tanah dasar/*sub grade* yang diizinkan pada lokasi penelitian sebelum diberikan lapisan perkerasan dan pembebanan.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian, analisis dan pembahasan yang dilakukan maka saran yang dapat diberikan peneliti adalah :

1. Dalam pelaksanaan penelitian atau pengujian sampel sebaiknya menggunakan peralatan yang otomatis

- / digital untuk mendapatkan data yang lebih akurat.
2. Perlu adanya perencanaan yang lebih teliti secara teknis, terutama dalam perencanaan struktur perkerasan dengan memperhatikan daya dukung tanah yang baik agar pekerjaan dapat dimaksimalkan sehingga pekerjaan dapat berjalan lancar dengan hasil perkerasan yang maksimal.
 3. Perlu dilakukannya eksperimen lanjutan mengenai daya dukung tanah di lokasi penelitian untuk mendapatkan daya dukung tanah yang memenuhi syarat teknis sebelum diberikan lapisan perkerasan landasan demi tercapainya factor keamanan dan kenyamanan bagi pengguna fasilitas pada lokasi penelitian.

Daftar Pustaka

- Anonim. *ASTM D-4318, ASTM D-422, ASTM D-854, ASTM D-698-78, ASTM D 4429-04.*
- Anonim. *AASHTO.*
- Adisoemarto, Soenartono. *Dasar-dasar Ilmu Tanah Edisi Keenam .PT.* Erlangga. Jakarta.
- Bowles, Joseph E. 2010. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah),* Erlangga, Jakarta.
- Darmady, Dhody. 2011. *Pengaruh Rendaman Terhadap Kualitas Tanah Semen (Soil Cement) Menggunakan Tanah Lempung Lunak.* Skripsi Universitas Lampung. Lampung.
- E. Sutarman. *Konsep dan Aplikasi Mekanika Tanah.* ANDI. Yogyakarta.
- Gogot Setyo Budi. *Pengujian Tanah di Laboratorium.* Graha Ilmu, 20011.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2012. *Mekanika Tanah 1.* PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2012. *Mekanika Tanah 2.* PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Henry D. Foth. *Dasar-dasar Ilmu Tanah Edisi Keenam .PT.* Erlangga. Jakarta.