

Pengukuran Modulus Elastisitas Dan Daya Dukung Tanah *Subgrade* Dan Stabilisasi Dengan Kadar Kapur 4% Berbasis Pengukuran Defleksi *LWD*

Measurement of Elastic Modulus and Bearing Capacity of 4% Lime-Soil Stabilized Subgrade Using LWD Method

Julia Sandra Gustavi, Sri Atmaja P. Rosyidi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Tanah memiliki peranan penting dalam konstruksi, jalan, bangunan, jembatan, bendungan lainnya, oleh karenanya diperlukan tanah dengan sifat-sifat teknis yang memadai. Kinerja dari konstruksi perkerasan secara langsung dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar (*subgrade*) dalam menerima beban yang bekerja. Namun, tidak semua lapisan tanah dasar mampu menahan beban yang bekerja di atasnya, oleh karena itu tanah perlu distabilisasi. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan cara mencampur bahan kimia yang dapat menambah kekuatan pada tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kinerja dari tanah yang distabilisasi campuran kapur 4% dengan metode *Light Weight Deflectometer (LWD)* dan menentukan nilai *California Bearing Ratio (CBR)* yang dihasilkan dari campuran tanah yang telah distabilisasi dengan kapur 4%. Penelitian ini menggunakan tanah yang berasal dari Kasihan, Bantul. Kemudian tanah dicampur dengan kapur dengan kadar 4% dari berat total tanah, serta melalui proses pemeraman selama 3 hari dan 7 hari. Dari hasil pengujian didapatkan kesimpulan, bahwa dengan penambahan campuran kapur 4% pada tanah dasar (*subgrade*) dapat membantu menstabilkan kondisi tanah dan dapat meningkatkan nilai CBR tanah tersebut. Nilai CBR mengalami peningkatan dari pengujian 0,3 dan 7 hari yaitu sebesar 5,69% (0 hari), 15,51% (3 hari), dan 17,87% (7 hari), serta dari hasil pengujian yang telah dilakukan menggunakan alat *LWD* didapatkan hasil modulus elastisitas rata-rata 67,7649 Mpa (0 hari), 69,7022 Mpa (3 hari), 70,3 (7 hari) di tiap levelnya.

Kata-kata kunci: *Subgrade, Light Weight Deflectometer, California Bearing Ratio*

Abstract. Soil has an important role in construction, roads, buildings, bridges, other dams, therefore it is necessary to have soil with adequate technical properties. The performance of pavement construction is directly affected by subgrade bearing capacity to receive loads. However, not all subgrade layers are able to support the load, therefore the soil needs to be stabilized. Soil stabilization can be done by mixing chemicals materials that can add strength to the soil. This study aims to determine the performance of 4% lime mixed stabilized soil with the *Light Weight Deflectometer (LWD)* method and determine the value of *California Bearing Ratio (CBR)* produced from a mixture of soil stabilized with 4% lime. This research uses soil from Kasihan, Bantul. Then the soil is mixed with lime with a concentration of 4% of the total weight of the soil, and through the curing process for 3 days and 7 days. From the results of the test it was concluded that the addition of 4% lime mixture on subgrade could help stabilize soil conditions and increase the CBR value of the soil. CBR values have increased from testing 0.3 and 7 days, namely 5.69% (0 days), 15.51% (3 days), and 17.87% (7 days), and from the results of tests that have been carried out using *LWD* tool obtained modulus of elasticity on average 67.7649 Mpa (0 days), 69.7022 Mpa (3 days), 70.3 (7 days) at each level.

Keywords: *Subgrade, Light Weight Deflectometer, California Bearing Ratio*

1. Pendahuluan

Tanah memiliki peranan penting dalam sebuah konstruksi, sehingga diperlukan tanah yang memiliki sifat-sifat teknis yang memadai. Stabilitas dari konstruksi perkerasan secara langsung dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar (*subgrade*) dalam menerima serta meneruskan beban yang bekerja di atasnya. Namun, tidak semua lapisan tanah dasar mampu menahan semua beban yang berada di atasnya, oleh karena itu dibutuhkan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah biasanya dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan pemadatan atau mencampur bahan kimia yang nantinya dapat menambah kekuatan pada tanah tersebut. Tanah lempung ekspansif merupakan salah satu jenis tanah yang memiliki klasifikasi yang kurang baik. Jenis tanah ini memiliki daya dukung yang rendah, kembang susut yang besar, dan deformasi yang dihasilkan juga sangat besar. Menurut Bowles dalam Ranggaesa dkk, (2017) Perbaikan tanah lempung dengan campuran kapur dapat meningkatkan kekuatan dari tanah tersebut. Namun demikian, tanah yang telah distabilisasi ini juga perlu diadakan kajian mengenai kualitas dan modulus elastisitas yang dihasilkan dari lapisan tanah tersebut dengan menganalisis lendutan dengan menggunakan metode *Light Weight Deflectometer (LWD)* yang terjadi pada lapisan tanah yang distabilisasi menggunakan kapur, terutama dalam jumlah kadar campuran yang diberikan pada saat pencampuran.

Siegfried (2018) melakukan penelitian yang dilakukan pada ruas kampus yang ada di sekitar kampus Pusjatan Bandung. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian sistem Manajemen Perkerasan, menggunakan alat *Light Weight Deflectometer (LWD)*. Alat *LWD* ini terdiri atas beban jatuhkan, pelat beban, *geophone*, dan prosesor. Beban jatuhkan bertujuan untuk mensimulasikan beban dinamis lalu lintas. Apabila beban dijatuhkan pada ketinggian tertentu maka akan menghasilkan vibrasi yang akan dicatat oleh *geophone*. Siegfried (2017) melakukan penelitian tentang penggunaan *LWD* pusjatan pada jalan tanah untuk pengecekan kekuatan tanah. Tujuan dari penelitian ini untuk melihat perbandingan dari masing-masing pengujian DCP dan *LWD*. Pengambilan data di lokasi

Kuningan dilakukan di ruas jalan tanah yang menghubungkan perkebunan dan pemukiman warga. Dalam penelitian tersebut menjelaskan pola kerja *LWD* pusjatan terdiri atas beban jatuhkan yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu dan kemudian menghasilkan getaran yang kemudian menghasilkan getaran yang ditangkap oleh 3 buah *geophone*. Penelitian ini dilakukan di 2 lokasi jalan tanah yakni di Bogor dan Kuningan. Pada masing-masing lokasi ini di ambil 10 titik dan dilakukan pengujian *LWD* dan *Dynamic Cone Penetration (DCP)*, pengambilan data di Bogor dilakukan pada jalan tanah di daerah perkampungan. Pusat pembebanan berada sejauh 0 mm, 200 mm, dan 900 mm dari *geophone*. Perhitungan untuk mendapatkan nilai lendutan dari vibrasi yang dihasilkan *geophone* harus diubah ke dalam bentuk frekuensi sehingga mendapatkan nilai lendutan untuk masing-masing *geophone* dan nilai lendutan tersebut yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai modulus elastisitas tanah. Kesimpulan dari penelitian ini adalah hasil perbandingan DCP dan *LWD* menunjukkan bahwa korelasi antara *LWD* dan DCP berada dalam interval 85% tingkat kepercayaan. Lapijan (2018) melakukan penelitian mengenai studi modulus elastisitas pada ruas jalan yang volume lalu lintasnya rendah dengan menggunakan alat *Light Weight Deflectometer (LWD)*. Penelitian ini juga dapat sebagai acuan dalam perencanaan stabilisasi 2 tahap tanah laterit dengan kapur dan semen yang perlu dibuatkan spesifikasi khusus. Koefisien variasi yang dihasilkan dari pengujian ini adalah 0,5% sampai 0,7%.

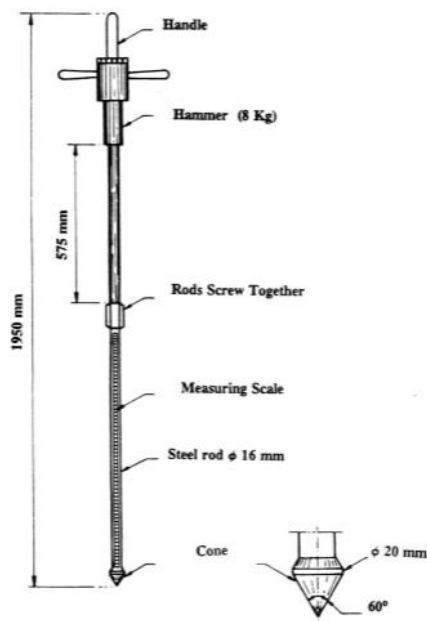
2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk menentukan dan menghitung nilai dari modulus elastisitas pada lapis tanah yang telah distabilisasi dengan kapur 4% dengan metode *LWD* serta membandingkan nilai dari modulus elastisitas pada lapisan tanah dasar (*Subgrade*) dengan menggunakan metode *Light Weight Deflectometer (LWD)* dan *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* dan menentukan nilai *CBR* yang dihasilkan campuran tanah yang telah distabilisasi tersebut.

3. Landasan Teori

Dynamic Cone Penetration (DCP)

Sumarna (2015) *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* adalah alat uji yang bisa digunakan untuk mengetahui nilai dari kekuatan tanah, *DCP* dipelajari terutama untuk kaitannya dengan struktur perkerasan dan yang berkaitan utama dengan *California Bearing Ratio (CBR)* yang bersifat *in situ*. Alat *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* ini adalah alat yang ringan dan *portable* serta menarik untuk mengetahui nilai dari *CBR* tanah dengan mudah.



Gambar 1 Alat uji *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*

Hubungan nilai pengujian *CBR* dengan *DCP* yaitu data *DCP* yang dihasilkan merupakan jumlah data rata-rata dari penetrasi per pukulan (mm/blow), dan dari data tersebut untuk mendapatkan nilai *CBR*, bisa dengan persamaan ASTM (1999) sebagai berikut:

$$CBR = 292/DCP^{1.12} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

$$DCP = \text{nilai } DCP \text{ (mm/blow)}$$

Lengkong (2013) Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, banyak hubungan *DCP* dan *CBR* digambarkan pada rumus berikut ini:

$$\text{Log } (CBR) = a - b \text{ log } (DCP) \dots\dots\dots(2)$$

Dengan:

$$DCP = \text{nilai } DCP \text{ (mm/blow)}$$

$$a = \text{nilai konstanta antara } 2,44 - 2,60$$

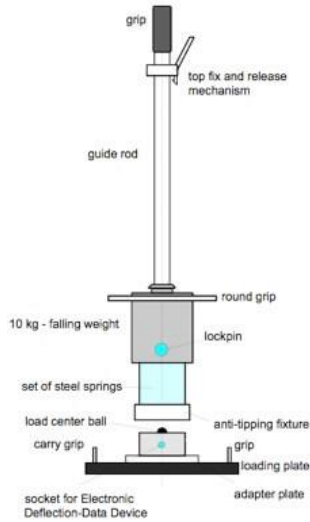
$$b = \text{nilai konstanta antara } 1,07 - 1,16$$

Light Weight Deflectometer (LWD)

Siegfred (2018) *Light Weight Deflectometer (LWD)* merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan struktural dari suatu sistem perkerasan jalan. Alat ini cukup praktis karena hanya membutuhkan 2 orang operator dalam pengoperasiannya. Selain itu juga pengujian yang dilakukan lebih cepat karena hasil pengukuran langsung didapat sesaat setelah pengujian dilakukan. Alat *LWD* ini terdiri atas beban jatuhnya, pelat pembebanan, dan sensor *geophone*. Beban yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu akan menghasilkan gelombang yang ditangkap langsung oleh *geophone*. Dengan menggunakan prinsip-prinsip teori gelombang kemudian bisa dihitung lendutan yang dihasilkan.

Data lendutan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Boussinesq* kemudian akan menghasilkan modulus elastisitas yang merupakan parameter kekuatan struktural dari lapisan tanah. *Light weight deflectometer (LWD)* merupakan salah satu metode pemeriksaan kualitas lendutan yang dapat dilakukan pada lapis perkerasan jalan, dan metode ini memiliki sifat tidak merusak *Non Destruction Test (NDT)*. *NDT* sendiri mampu mengukur karakteristik bahan perkerasan melalui pengamatan perilaku defleksi dan perpindahan partikel yang diakibatkan oleh beban *static* dan *dynamic*.

Metode *NDT* ini dalam proses pengujiannya sangat cepat dan tidak menimbulkan kerusakan, metode *NDT* ini sendiri adalah metode yang lebih unggul dibandingkan dengan *DT*. Perangkat *LWD* ini pada umumnya memiliki komponen pelat pemuat yang berukuran diameter 100 – 300 mm, dengan berat jatuh dari 10 – 20 kg, frase laser/akselerometer/*geophone* untuk menentukan defleksi, dan sel beban yang dikalibrasi sebelum digunakan untuk menentukan tegangan kontak plat. (Siegfried, 2017).



Gambar 2 Alat Uji *Light Weight Deflectometer (LWD)*

Sumber : *Office of Geotechnical Services*

Dalam perhitungan modulus elastisitas digunakan rumus *Boussinesq* Siegfried (2018), yang diturunkan pada persamaan sebagai berikut:

$$E_0(0) = \frac{2(1-\mu^2)\sigma_o a}{D_o} \dots\dots\dots(3)$$

$$E_0(r) = \frac{(1-\mu^2)\sigma_o a^2}{r D_r} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

$E_0(0)$: Modulus permukaan pada pusat pembebanan, MPa.

$E_0(r)$: Modulus permukaan pada jarak r dari pusat pembebanan, MPa.

σ_o : Tegangan kontak antara pelat pembebanan dengan permukaan, Pa.

r : Jarak *geophone* dari pusat pembebanan, mm.

μ : *Poisson's rattoo*

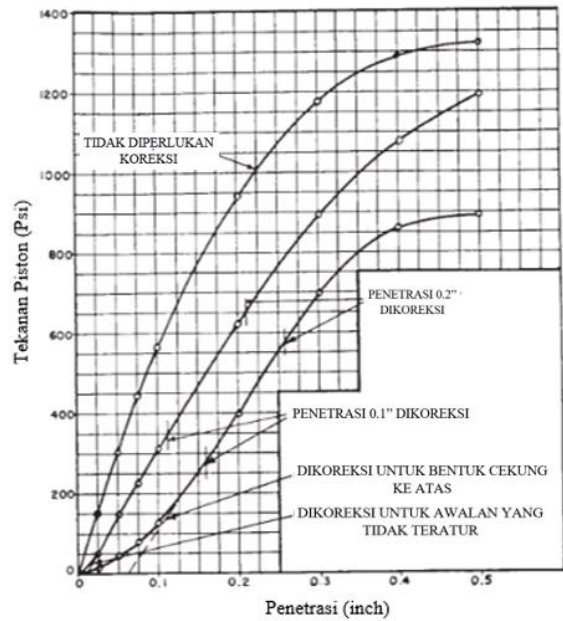
a : Jari-jari pelat pembebanan, mm.

D_0 : Lendutan pada pusat pembebanan, mikro meter.

D_r : Lendutan pada jarak r dari pusat pembebanan, mikro meter

California Bearing Ratio (CBR) Laboratory

Menurut Andriyani dkk. (2012) definisi *CBR (California Bearing Ratio)* adalah suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persen.



Gambar 3 Kurva dan Koreksi nilai *CBR* (ASTM, 1999)

Nilai *CBR* diperoleh dari pembacaan penetrasi pada 0,1” dan 0,2”. Hasil pembacaan *CBR* kemudian diplotkan menjadi kurva hubungan antara beban penetrasi (psi) dan kedalaman penetrasi (inch) kemudian diperoleh nilai $CBR_{0,1}$ ” dan $CBR_{0,2}$ ”. Kurva yang diperoleh tidak selalu sesuai dengan rujukan ASTM (1999) dalam standar D1883 dijelaskan dalam Gambar 2.2 kemudian dikoreksi sesuai dengan standar tersebut. Cara koreksi dengan meluruskan kurva yang berawal kurang sesuai sehingga membentuk kurva yang lurus kemudian geser titik penetrasi 0 ke garis koreksi sehingga nanti kurva akan bergeser sesuai garis koreksi.

Penentuan nilai *CBR* pada umumnya menggunakan persamaan 2.3 dan 2.4 ASTM (1999) berikut ini :

$$CBR_{0,1} = \left(\frac{P_{0,1}}{1000} \right) \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

$$CBR_{0,2} = \left(\frac{P_{0,2}}{1500} \right) \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

dengan,

$CBR_{0,1}$ ” = Nilai *CBR* pada penetrasi 0,1 inch atau 2,54 mm

$CBR_{0,2}$ = Nilai *CBR* pada penetrasi 0,2 inch atau 5,08 mm

Nilai *CBR* yang umum digunakan adalah nilai $CBR_{0,1}$. Jika nilai $CBR_{0,2}$ lebih besar dari nilai $CBR_{0,1}$ maka perlu dilakukan pengujian ulang, namun apabila nilai $CBR_{0,2}$ tetap lebih besar maka nilai $CBR_{0,2}$ dapat dipergunakan sebagai nilai *CBR* tanah.

ASTM (1999) dalam standar D1883 menjelaskan bahwa ada 3 variasi energi penumbukan yang bisa dilakukan dalam pengujian *CBR* yaitu 10, 25, dan 56 kali tumbukan. Penelitian terdahulu yang telah dilakukan Respati dkk. (2012) dan Putra & Budiman (2013) menggunakan variasi jumlah tumbukan 10, 25, dan 56 kali. Variasi pada energi pemadatan yang digunakan tersebut berfungsi untuk mencari nilai *CBR* masing-masing jumlah energi penumbukan.

Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas dilakukan dengan menggunakan bantuan program SPSS yang teknik pengujian ini juga sering digunakan oleh para peneliti. Untuk uji validitas menggunakan korelasi *Bivariate Pearson* yang analisis ini dengan cara mengkorelasikan masing-masing data dengan data total.

Menurut Sukirman (1999), Reliabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat dipertahankan. Pengujian realibilitas adalah pengujian yang memberi jaminan bahwa perkiraan tersebut dapat terpenuhi. Reliabilitas juga berfungsi untuk mengetahui tingkat kepercayaan suatu data yang dihasilkan dalam suatu penelitian.

4. Metode Penelitian

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sebelah Timur Laboratorium Transportasi dan Percangan Jalan G5 Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Ukuran luas lahan yang digunakan untuk penelitian adalah seluas 3 m × 1 m dengan kedalaman 1 m. Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan pengujian yang dilakukan yaitu, studi literatur, persiapan bahan dan material, pengujian yang dilakukan dilaboratorium, dan pengujian lapangan dengan dua alat yaitu *LWD* dan *DCP*.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan ASTM D1883-99 *standard test method for California Bearing Ratio (CBR) of laboratory-compacted soils*, *Light Weight Deflectometer (LWD)*, dan *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* dan bahan yang berasal dari daerah Kasihan, Bantul.

1) Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Alat pengujian Pemadatan *California Bearing Ratio (CBR)*
- b. Alat pengujian *California Bearing Ratio (CBR)*
- c. *Tamping Rammer* (alat pemadatan tanah)
- d. Alat *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*

2) Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Tanah lempung
- b. Kapur

5. Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah

Tabel 1 Hasil pengujian sifat fisis tanah

Parameter	Hasil
Berat jenis, Gs	2,67
Batas-batas atterberg	
Batas cair, LL (liquid limit)	65,60%
Batas plastis, PL (plasticity limit)	33,50%
Indeks Plastisitas, PI (plasticity index)	32,10%
Berat volume kering maksimum, MDD	13,05 kN/m ³
Kadar air optimum, OMC	32,50%
Ukuran partikel tanah	
Lempung	9%
Lanau	76%
Pasir	15%
Aktifitas, A	4,1

Berdasarkan sifat indeks tanah pada Tabel 1, menurut klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System), tanah ini tergolong CH (clay – high plasticity) atau tanah lempung dengan plastisitas tinggi. Tanah ini dipadatkan menggunakan uji proctor modifikasi, didapatkan nilai OMC (optimum moisture

content / kadar air optimum) sebesar 32,5%, nilai MDD (maximum dry density / berat volume kering maksimum) sebesar 13,05 kN/m³, dan nilai 95% MDD (maximum dry density / berat volume kering maksimum) sebesar 12,4 kN/m³. Adapun nilai ODM (optimum dry moisture content) dan OWM (optimum wet moisture content, yang didapatkan dari nilai 95% MDD (maximum dry density) sebesar 25% dan 39,8%.

Nilai Modulus Elastisitas Pada Alat

Hasil nilai rata-rata dari modulus elastisitas yang diperoleh pada saat pengujian menggunakan alat LWD dapat dilihat pada Tabel 2 berikut

Tabel 2 Nilai Modulus Elastisitas Alat

Level	Pengujian Hari Ke-		
	0	3	7
1	66,9218	67,9625	62,9656
2	62,1125	71,3875	72,9
3	67,325	66,7625	75,7

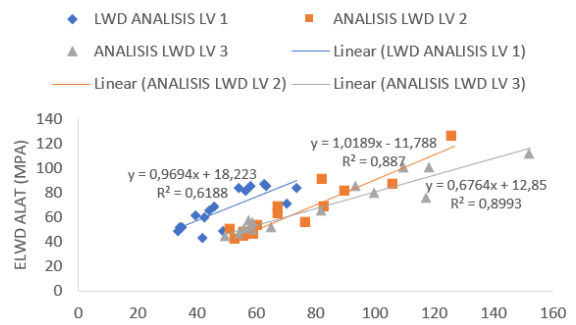
Nilai Modulus Elastisitas Analisis

Hasil dari nilai modulus elastisitas yang didapat pada saat pengujian dengan hasil analisis hitungan modulus menggunakan rumus *Boussinesq* hasilnya sama, dapat dilihat pada Tabel 3 berikut

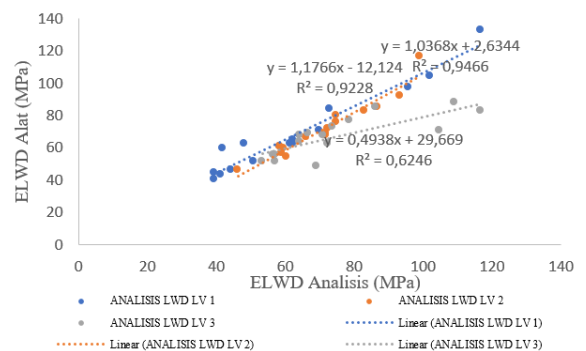
Tabel 3 Nilai Analisis Modulus Elastisitas Metode *Boussinesq*

Level	Pengujian Hari Ke-		
	0	3	7
1	50,234	63,007	61,8
2	72,528	70,979	72,4
3	80,533	75,120	76,6

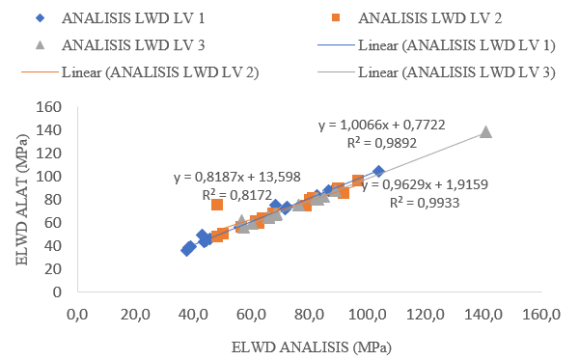
Perbandingan hasil analisis modulus elastisitas metode *Boussinesq* dapat dilihat pada gambar 4 sampai dengan gambar 6.



Gambar 4 Kurva Perbandingan Modulus Elastisitas (Analisis) dan Modulus Elastisitas (Alat) 0 Hari



Gambar 5 Kurva Perbandingan Modulus Elastisitas (Analisis) dan Modulus Elastisitas (Alat) 3 Hari



Gambar 6 Kurva Perbandingan Modulus Elastisitas (Analisis) dan Modulus Elastisitas (Alat) 7 Hari

Uji Validitas dan Realibilitas

Pengujian validitas adalah pengujian untuk mengukur ketepatan/valid tidaknya suatu data yang akan digunakan dalam suatu penelitian. Suatu data dikatakan mempunyai validitas yang tinggi apabila data tersebut memberikan hasil ukur yang tepat dan akurat. Selain itu pengujian validitas juga dapat

berfungsi untuk mendeteksi kecermatan pengukuran suatu data. Kecermatan disini diartikan untuk mendeteksi perbedaan-perbedaan kecil yang ada pada suatu data tersebut.

Menurut Sukirman (1999), Reliabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat dipertahankan. Pengujian realibilitas adalah pengujian yang memberi jaminan bahwa perkiraan tersebut dapat terpenuhi. Reliabilitas juga berfungsi untuk mengetahui tingkat kepercayaan suatu data yang dihasilkan dalam suatu penelitian. Dengan kata lain, realibilitas adalah pengujian tingkat konsistensi atau kemantapan suatu data. Suatu penelitian dapat dikatakan konsisten apabila hasil yang di dapatkan sama atau stabil. Tinggi rendahnya realibilitas secara empirik ditunjukkan dengan suatu angka yang disebut koefisien realibilitas. Dari nilai validitas yang dihasilkan pada pengujian ini maka, data tersebut dikatakan reliabel karena memiliki hasil yang stabil dan konsisten.

Component Matrix^a

	Component 1
Evd0 0 hari	,951
Elwd (Mpa) 0 hari	,951

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 1 components extracted.

Gambar 7 Loading Faktor 0 Hari

Component Matrix^a

	Component 1
Evd0 3 hari	,966
Elwd (Mpa) 3 hari	,966

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 1 components extracted.

Gambar 8 Faktor Loading 3 Hari

Component Matrix^a

	Component 1
Evd0 7 hari	,985
Elwd (Mpa) 7 hari	,985

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 1 components extracted.

Gambar 9 Faktor Loading 7 Hari

Pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Perhitungan nilai DCPI dan nilai nilai CBR (%)

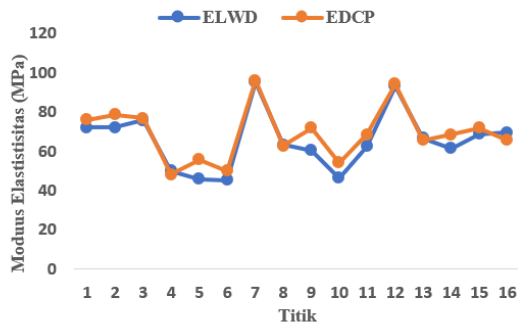
Pengujian alat DCP (*Dynamic Cone Panetrometer*) pada penelitian ini adalah dengan melakukan tumbukan pada setiap titik yang sama pada saat pengujian sebelumnya dengan alat *Light Weight Deflectometer* (LWD) tujuannya adalah untuk membandingkan hasil yang didapatkan dari kedua alat tersebut. Langkah pertama dalam menghitung pengujian DCP adalah dengan menghitung nilai DCPI, hasil dari nilai DCPI dapat dilihat pada Tabel 4. Setelah menghitung nilai *DCPI* dari hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*, setelah mendapatkan nilai *DCPI* hal yang selanjutnya dilakukan adalah menghitung nilai *CBR (%)* lapangan.

Tabel 4 Hasil Nilai CBR dan DCPI 0 Hari

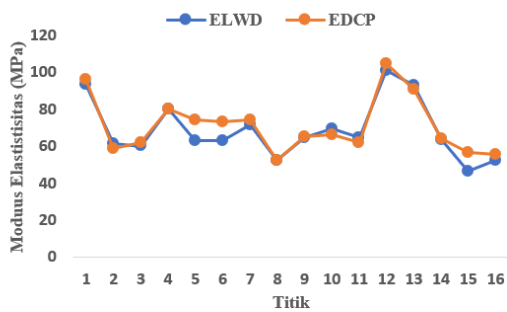
0 Hari		
Titik	CBR	DCPI
1	75,799	3,334
2	78,429	3,234
3	76,674	3,3
4	48,144	5
5	55,555	4,4
6	49,815	4,85
7	95,997	2,7
8	62,69	3,95
9	71,784	3,5
10	54,174	4,5
11	68,489	3,65
12	94,044	2,75
13	65,468	3,8
14	68,489	3,65
15	71,784	3,5
16	65,468	3,8

Perbandingan Nilai E_{LWD} dengan Nilai E_{DCP}

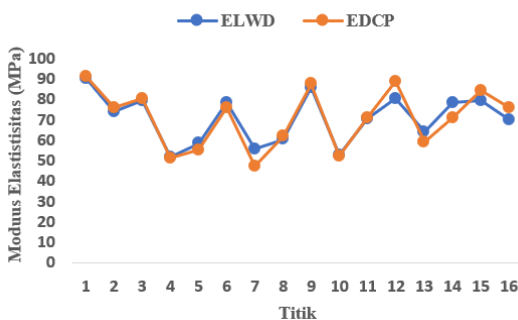
Pengujian alat DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) pada penelitian ini adalah dengan melakukan tumbukan pada setiap titik yang sama pada saat pengujian sebelumnya dengan alat *Light Weight Deflectometer (LWD)* tujuannya adalah untuk membandingkan hasil yang didapatkan dari kedua alat tersebut.



Gambar 10 Kurva Perbandingan nilai E_{LWD} dan E_{DCP} Pengujian 0 hari



Gambar 11 Kurva Perbandingan nilai E_{LWD} dan E_{DCP} Pengujian 3 hari

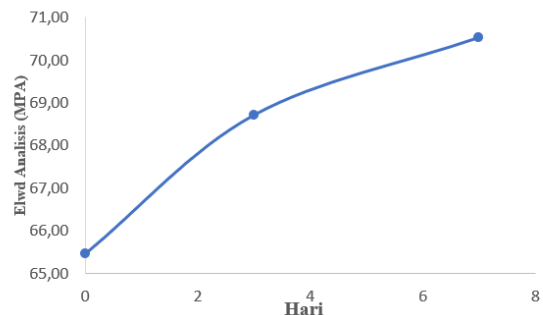


Gambar 12 Kurva Perbandingan nilai E_{LWD} dan E_{DCP} Pengujian 7 hari

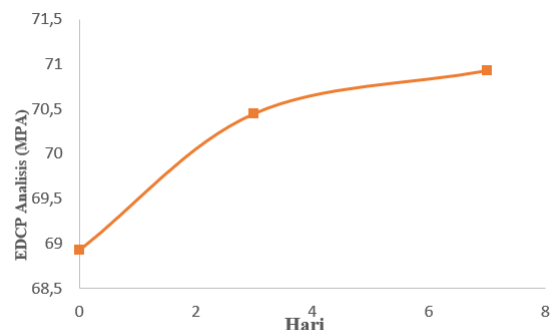
Nilai modulus elastisitas yang dihasilkan pada alat LWD dengan nilai EDCP yang dihasilkan pada saat pengujian dengan menggunakan alat DCP hasilnya lebih besar

nilai EDCP. Hal itu mungkin disebabkan karena alat LWD menggunakan sensor otomatis yang dapat mendeteksi secara detail, sedangkan alat DCP masih menggunakan tenaga manual manusia sehingga setiap tumbukan menghasilkan nilai yang berbeda. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 7 kurva hubungan antara nilai modulus elastisitas dari alat LWD dengan nilai EDCP dari pengujian alat DCP.

Pengujian yang dilakukan menggunakan alat *Light Weight Defelctometer (LWD)* ini dilakukan sebanyak 3 kali dalam kurun waktu 0, 3 dan 7 hari. Dan bertujuan untuk mengetahui hubungan antara nilai modulus elastisitas yang dihasilkan dengan waktu pengujian. Pada gambar 13 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengujian maka hasil nilai modulus elastisitasnya juga mengalami peningkatan. Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*, sama halnya dengan *LWD*, pengujian ini juga dilakukan 3 kali dalam kurun waktu 7hari yaitu pada hari 0,3 dan 7 dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 13 Grafik Pengaruh Hari dengan nilai E_{LWD} Analisis



Gambar 4.23 Grafik Pengaruh Hari dengan nilai EDCP

Gambar 14 Grafik Pengaruh Hari dengan nilai E_{DCP}

6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

- Penambahan campuran kapur 4% pada tanah dasar (*subgrade*) dapat membantu menstabilkan kondisi tanah. Alat *LWD* dapat digunakan untuk membantu pengambilan data pada jalan tanah maupun tanah dasar.
- Dari pengujian yang telah dilakukan menggunakan alat *LWD* didapatkan hasil modulus elastisitas rata-rata 67,7649 Mpa (0 hari), 69,7022 Mpa (3 hari), 70,3 (7 hari) di tiap levelnya.
- Penambahan kapur pada campuran tanah dapat meningkatkan nilai *CBR* (*California Bearing Ratio*) tanah tersebut. Nilai *CBR* mengalami peningkatan dari pengujian 0,3 dan 7 hari yaitu sebesar 5,69% (0 hari), 15,51% (3 hari), dan 17,87% (7 hari).

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis memberi beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

Penggunaan alat *Light Weight Deflectometer* (*LWD*) ini perlu dilihat kemungkinan pengaplikasiannya terhadap jenis lapis perkerasan dengan volume lalu lintas sedang sampai volume lalu lintas yang tinggi

7. Daftar Pustaka

- Andriani, Yuliet R., dan Fernandez L. F., 2012, Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai *CBR* Tanah. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8 (1), 29-44.
- ASTM, 1999, D1883-99: Standard Test Method for *CBR* (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils, ASTM International, West Conshohocken.
- Iqbal M., Nugroho S. A., dan Fatnanta F., 2014, Pengaruh Kadar Lempung Dan Kadar Air Pada Sisi Basah Terhadap Nilai *CBR* Pada Tanah Lempung Kepasiran (Sandy Clay). *Jom FTeknik*.1(2), 1-12.
- Putra, T. G. S., dan Budiman, I. N. A., 2013, Karakteristik Tanah Lempung yang Dicampur Semen sebagai Bahan Subgrade Jalan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17(1), 97-108.
- Ranggaesa R. A., Zaika Y., Suroso., 2017, Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kekuatan Dan Pengembangan (Swelling) Pada Tanah Lempung Ekspansif Bojonegoro, Tugas Akhir, Universitas Brawijaya, Malang.
- Respati S. N., Reginald F., dan Yanuar Y., 2012, Pengaruh Penambahan Stone Dust Terhadap Nilai *CBR* Disain Pada Stabilisasi Tanah Cimanggis Dengan Mempertimbangkan Gradasi Stone Dust. *Poli-Teknologi*, 11 (1), 87-94.
- Sumarna T., 2015, Pengujian Daya Dukung Lapis Tanah Dasar (Subgrade) Pada Tanah Timbunan Untuk Lapisan Jalan Dengan Alat *DCP* (Dynamic Cone Penetrometer). *Jurnal Potensi*, 17(1), 37-42.
- Lapian F., E., 2018, Studi Modulus Elastisitas Pada Ruas Jalan Dengan Volume Lalu Lintas Rendah Menggunakan Alat Light Weight Deflectometer (Studi Kasus: Ruas Jalan Bts. Boven Digoel/Merauke – Muting – Bupul). *Jurnal Ilmiah Teknika dan Informatika*, 3 (1), 1-9.
- Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Nova
- Siegfried, 2017, Penggunaan *LWD* Pusjatan Pada Jalan Tanah Untuk Pengecekan Kekuatan Tanah (The Use Of Pusjatan's *LWD* On Earth Roads For Checking Structural Soil Strength). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 34 (1), 1-8.\
- Siegfried, 2018, *LWD* Pusjatan Sebagai Alat Alternatif Dalam Mengevaluasi Perkerasan Lentur (Ire's *LWD* As Alternative Tool For Flexible Pavement Test). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 35 (2), 75-83.

Wiqoyah Q., 2006, Pengaruh Kadar Kapur,
Waktu Perawatan Dan Perendaman
Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung.
Dinamika Teknik Sipil, 6 (1), 16-24.