

# MATERIAL BATU KAPUR SEBAGAI LAPISAN *SUBBASE COURSE* PADA *SUBGRADE* TANAH LUNAK DENGAN PERKUATAN PLASTIK DAN GEOSINTETIK

Estu Waskita A. <sup>1)</sup> Bambang Setiawan <sup>2)</sup> Harya Dananjaya H. I. <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta

<sup>2) 3)</sup> Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jalan Ir.Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp.(0271)647069. Email :[estuwaskita@gmail.com](mailto:estuwaskita@gmail.com)

## ABSTRAK

Kerusakan perkerasan jalan selain karena faktor cuaca dan kelebihan beban juga dapat disebabkan oleh kualitas struktur lapis pondasi atas (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan tanah dasar (*subgrade*). Penelitian ditujukan untuk menganalisis pengaruh ketebalan lapisan *subbase course* pada *subgrade* tanah lunak terhadap nilai CBR dan  $k_v$ . Penelitian dilakukan dengan mensimulasikan struktur lapisan perkerasan jalan di dalam laboratorium. Pengujian CBR dilakukan terhadap lapisan *subgrade*, sedangkan pengujian *plate load test* dilakukan pada lapisan *subbase course* dan *base course*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan ketebalan lapisan *subbase course* setiap 5 cm mampu meningkatkan  $k_v$  pada kombinasi lapisan lengkap *subgrade*+plastik+*subbase course*+*base course* berturut-turut sebesar 65%; 12,35%; 7,67%; dan ditambah perkuatan geosintetik meningkatkan nilai  $k_v$  pada *base course* berturut-turut sebesar 26,13%; 14,28%; 24,19%. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa dengan penambahan ketebalan lapisan *subbase course* setiap 5 cm mampu meningkatkan CBR pada kombinasi lapisan lengkap *subgrade*+plastik+*subbase course*+*base course* berturut-turut sebesar 145,16%; 33,97%; 87,01%; dan ditambah perkuatan geosintetik meningkatkan nilai  $k_v$  pada *base course* berturut-turut sebesar 75,43%; 49,51%; 65,53%. Penambahan geosintetik geotextile woven tipe 250 sebagai perkuatan yang diletakan di antara lapisan *subgrade* dan *subbase course* dapat meningkatkan nilai modulus reaksi *subgrade* ( $k_v$ ) sebesar  $\pm 26,35\%$ .

**Kata Kunci:** tanah lunak; *subbase course*; batu kapur; CBR; nilai  $k_v$

## ABSTRACT

*Pavement structure's damage apart because of the weather and overloaded, but it could be also occurred because of its base course, subbase course and subgrade quality. The purpose of this research is to analyze the influence of subbase course thickness on soft soil subgrade to CBR and  $k_v$  values. The research is conducted by simulating a pavement structure in the laboratory. CBR test is applied to the subgrade, whereas plate load test is applied to subbase course and base course. The research showed that additional of subbase course layer's thickness in every 5 cm could increased  $k_v$  value on complete combination of subgrade+plastic+subbase course +base course successively amounted 65%;12,35%;7,67%. Samples with additional of geo-synthetic could increased  $k_v$  value on base course successively amounted 26,13%; 14,28%;, 24,19%. The research also showed that additional of subbase course layer's thickness in every 5 cm could increase CBR value at complete combination of subgrade+plastic+subbase course+base course successively amounted 145,16%; 33,97%; 87,01%. Samples with additional of geo-synthetic could increase CBR value on base course successively amounted 75,43%; 49,51%; 65,53%. The additional of geotextile woven geo-synthetic type 250 as reinforcement which is located between subgrade layer and subbase course could increase the modulus reaction value of subgrade ( $k_v$ ) in amount of  $\pm 26,35\%$ .*

**Keywords:** soft soil; *subbase course*; limestone; CBR;  $k_v$

## 1. PENDAHULUAN

Jalan raya masih menjadi prasarana yang penting dalam mendukung transportasi. Namun kondisi jalan raya saat ini sangat tidak bagus karena banyak kerusakan. Penyebab kerusakan jalan adalah karena cuaca, beban yang terlalu berat dan perencanaan desain struktur jalan yang tidak sesuai. Faktor lain yang menyebabkan kerusakan jalan adalah kualitas struktur pondasi jalan dan tanah dasar. Riset yang membahas mengenai performa struktur perkerasan jalan pada tanah dasar lunak masih sedikit. Penelitian ini akan membahas perbandingan mengenai pengaruh ketebalan lapisan *subbase course* pada tanah dasar (*subgrade*) lunak dengan perkuatan plastik dan perkuatan geosintetik terhadap parameter nilai *California Bearing Ratio* (CBR) dan modulus reaksi *subgrade* arah vertikal ( $k_v$ ). Pengaruh ketebalan *subbase course* terhadap nilai CBR dan  $k_v$  akan dianalisis sehingga diperoleh ketebalan *subbase course* yang efisien. Material batu kapur telah diteliti oleh Negara dan Putra (2010) dalam Bahtiar (2012) mengenai penggunaannya sebagai lapisan *subbase course* struktur

perkerasan jalan. Irianto (2012) menyimpulkan bahwa model struktur perkerasan jalan yang menggunakan batu kapur sebagai lapisan *subbase course* memiliki nilai *California Bearing Ratio* (CBR) dan nilai modulus reaksi *subgrade* tanah ( $k$ ) yang cukup baik, sehingga memenuhi syarat untuk dijadikan lapisan *subbase course*.

## 2. DASAR TEORI

Rumus dasar perhitungan nilai koefisien tanah subgrade ( $k$ ) untuk plat kaku (Hardiyatmo dkk., 2000) ditunjukkan pada Persamaan 2.1.

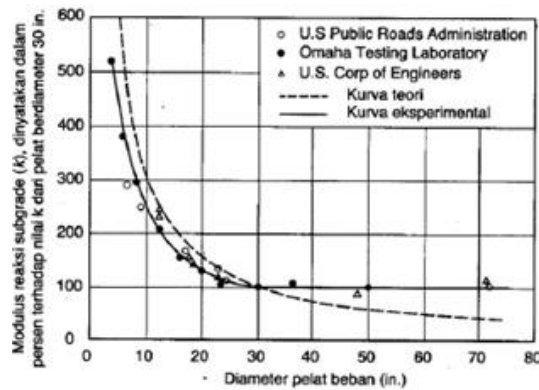
$$k = \frac{p}{\delta} \tag{2.1}$$

dengan,

- $k$  = nilai modulus reaksi *subgrade* tanah ( $\text{kN/m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ ),
- $p$  = tekanan ( $\text{kN/m}^2$ ),
- $\delta$  = lendutan plat (m).

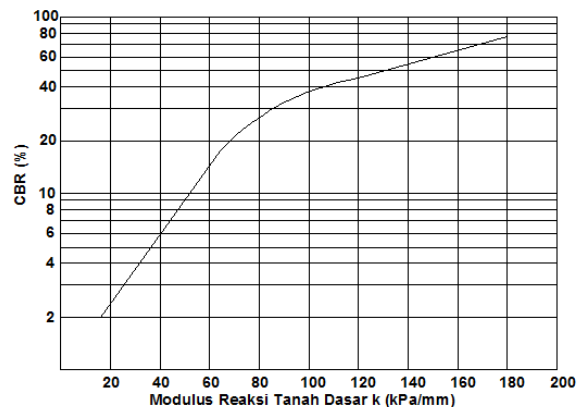
Khanna, dkk. (1976) dalam Irianto (2012) menyebutkan bahwa standar untuk penentuan nilai  $k$  adalah tekanan (*pressure*) yang terbaca saat terjadi penurunan 0,125 cm untuk plat uji diameter 76 cm. Standar dari *U.S. Corps of Engineer* menyarankan penurunan nilai  $k$  berdasarkan lendutan yang terjadi saat tekanan terbaca 0,69  $\text{kg/cm}^2$ .

Hasil nilai  $k$  selanjutnya digunakan sebagai salah satu acuan desain tebal perkerasan. Jika pengujian *plate load test* dilakukan dengan menggunakan plat berdiameter kurang dari 30 inch (76 cm), maka hasil  $k$  yang diperoleh harus disesuaikan dengan Gambar 1.



**Gambar 1.** Hubungan antara diameter plat beban dengan nilai  $k$  (Hardiyatmo, 2011 dalam Setiawan, 2015)

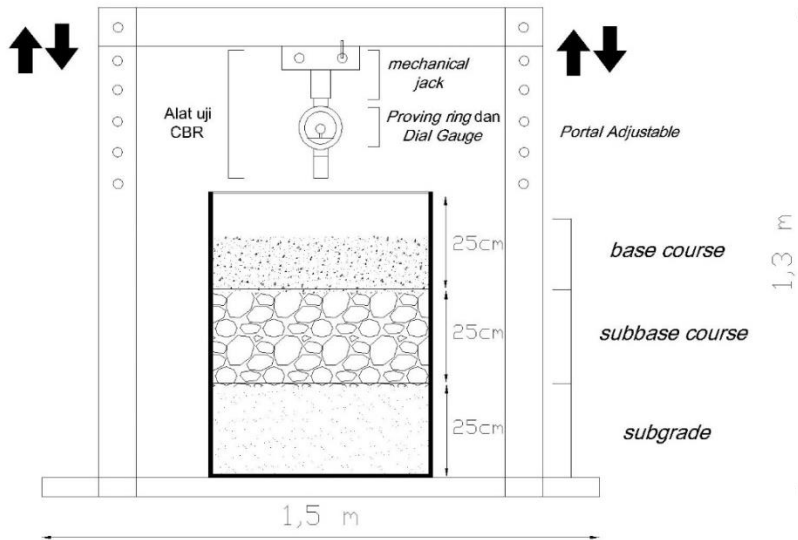
Pendekatan nilai  $k$  secara empiris dapat menggunakan grafik hubungan antara nilai CBR dengan nilai  $k$  seperti ditunjukkan pada Gambar 2



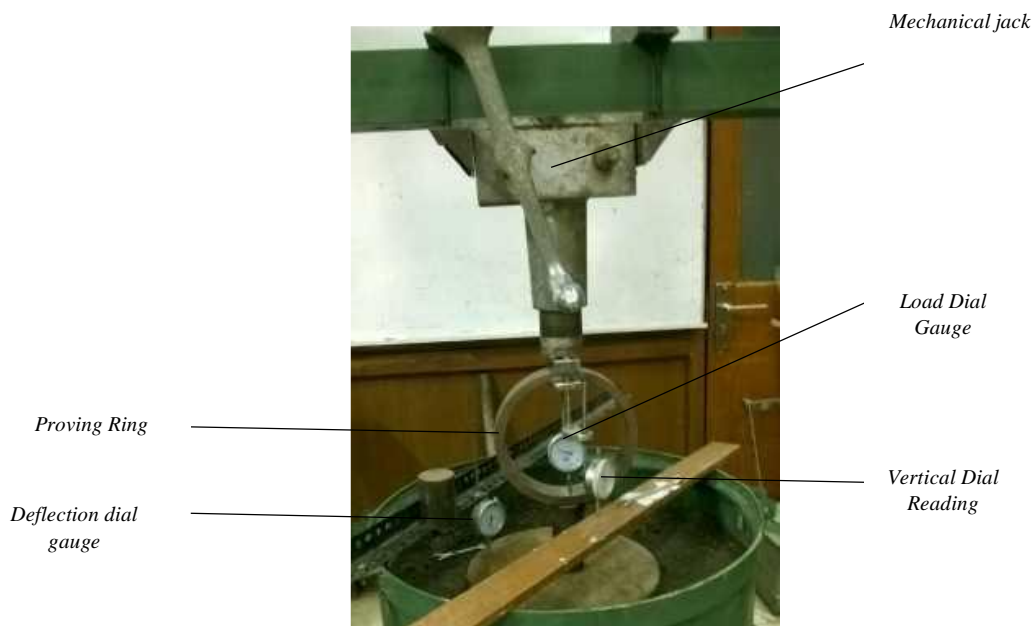
**Gambar 2** Grafik *NAASRA* hubungan antara  $k$  dan *CBR* (*NAASRA 1987*).

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan melakukan pengambilan material dari setiap *quarry*. Material *subgrade* (tanah lunak) dan material *subbase course* (batuan kapur) berasal dari Miri, Kabupaten Sragen, sedangkan material *base course* (lapis pondasi kelas A) berasal dari Cepogo, Kabupaten Boyolali. Pengujian *index properties* dilakukan terhadap material *subgrade* dan *subbase course*, kemudian dilakukan pengujian parameter kepadatan terhadap material *subgrade*. Tahap selanjutnya adalah melakukan persiapan sesuai variasi yang ditentukan. Penelitian ini akan menggunakan delapan variasi ketebalan lapisan *subbase course*, yakni 5, 10, 15, dan 20 cm dengan perkuatan plastik, kemudian ketebalan 5, 10, 15, dan 20 cm dengan perkuatan geosintetik yang berfungsi sebagai separator dan perkuatan antara lapisan *subgrade* dan *subbase course*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan satu set alat yang terdiri dari *mould uji*, *adjustable steel frame* dan alat pembebanan. Sketsa alat pengujian disajikan dalam Gambar 3, sedangkan contoh proses pengujian disajikan dalam Gambar 4. Rekapitulasi kombinasi lapisan pengujian disajikan dalam Tabel 1.



**Gambar 3.** Sketsa alat pengujian



**Gambar 4.** Proses pengujian

**Tabel 1.** Kombinasi lapisan struktur perkerasan jalan

Jenis Kombinasi	Tebal Lapisan (cm)			Perkuatan
	Subgrade	Subbase course	Base course	
Kombinasi 1	20	5	15	Geosintetik
Kombinasi 2	20	10	15	Geosintetik
Kombinasi 3	20	15	15	Geosintetik
Kombinasi 4	20	20	15	Geosintetik
Kombinasi 5	20	5	15	Plastik
Kombinasi 6	20	10	15	Plastik
Kombinasi 7	20	15	15	Plastik
Kombinasi 8	20	20	15	Plastik

### 3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil pengujian awal material

Hasil pengujian *index properties* material *subgrade* dan *subbase course* disajikan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil pengujian *index properties* material *subgrade* dan *subbase course*

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
<i>Water content (w)</i> [ASTM D 2216-98]	58,12 %
<i>Specific gravity (Gs)</i> [ASTM D 854-02]	2,2
Persentase Kerikil [ASTM D 422-63]	0 %
Persentase Pasir [ASTM D 422-63]	9,82 %
Persentase Lanau Lempung [ASTM D 422-63]	90,18%
<i>LL</i> [ASTM D 4318-00]	79,76%
<i>PL</i> [ASTM D 4318-00]	34,93%
<i>PI</i> [ASTM D 4318-00]	44,83%
<i>Specific gravity</i> Batu Kapur [ASTM D 854-02]	2,475

Hasil pengujian awal material pada Tabel 2 menunjukkan bahwa tanah mengandung kadar air yang besar dan persentase lempung >90%, sehingga tanah bersifat lunak. Untuk memenuhi syarat dalam penelitian ini yaitu tanah lunak sebagai *subgrade* dengan nilai *CBR*  $\leq 2\%$ , tanah ini dikondisikan dengan kadar air 50% kemudian dilakukan pengujian *CBR* dan didapatkan nilai *CBR* sebesar 1,28%, sehingga tanah memenuhi syarat sebagai tanah lunak.

#### 3.2 Hasil pengujian *CBR* lapisan *subgrade*

Pengujian *CBR* dilakukan terhadap lapisan *subgrade* setelah dilakukan pemadatan setiap 5 cm hingga mencapai ketebalan 20 cm. Pemadatan secara bertahap ini dimaksudkan untuk mencapai kepadatan yang mendekati kepadatan tanah lunak yang telah diuji di laboratorium. Nilai *CBR* yang didapat setelah perhitungan akan dikonversi ke nilai  $k_v$  menggunakan persamaan dari teori elastisitas. Berdasarkan konversi tersebut, didapat nilai  $k_v$  lapisan *subgrade* sebesar 7.129,0951 kN/m<sup>3</sup>.

#### 3.3 Hasil pengujian *plate load test* lapisan *subbase course* dan *base course*

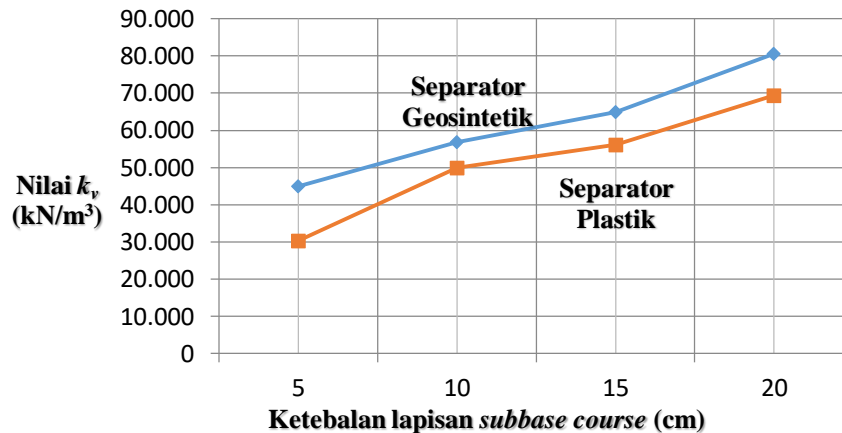
Pengujian *plate load test* dilakukan secara bertahap sesuai dengan kombinasi lapisan pada Tabel 1. Hasil pengujian *plate load test* pada lapisan *subbase course* disajikan dalam Tabel 5.

**Tabel 3.** Hasil pengujian *plate load test* lapisan *subbase course*

Tebal <i>subbase course</i>	Nilai $k_v$ (kN/m <sup>3</sup> )		Selisih (%)
	Plastik	Geosintetik	
5 cm	23.696,68	28.901,73	21,96
10 cm	26.455,03	32.679,74	23,52

15 cm	32.679,74	38.759,69	18,60
20 cm	34.482,76	52.631,58	52,63

Berdasarkan pengujian *plate load test* pada lapisan *subbase course*, penambahan lapisan *subbase course* meningkatkan nilai  $k_v$  secara signifikan. Penggunaan geosintetik pada lapisan antara *subgrade* dan *subbase course* juga meningkatkan nilai  $k_v$  dari penggunaan perkuatan plastik. Peningkatan terbesar terjadi pada lapisan dengan tebal *subbase course* 20cm, yaitu mengalami peningkatan dari nilai  $k_v$  34.482,76 kN/m<sup>3</sup> meningkat 52,63% menjadi 52.631,58 dari perkuatan plastik. Perbandingan nilai  $k_v$  dengan perkuatan geosintetik dan plastik pada pengujian *subbase course* dapat dilihat pada Gambar 3.



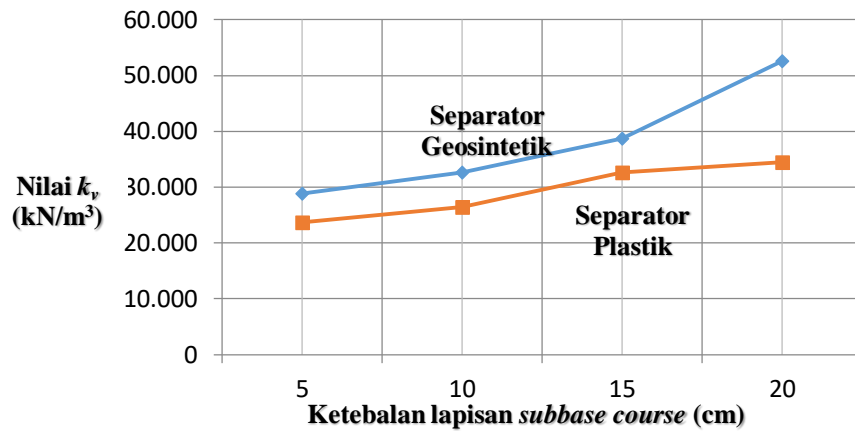
**Gambar 5.** Grafik perbandingan nilai  $k_v$  dengan perkuatan geosintetik dan plastik pada pengujian *subbase course*

Adapun hasil pengujian *plate load test* lapisan *base course* disajikan dalam Tabel 6.

**Tabel 4.** Hasil pengujian *plate load test* lapisan *base course*

Tebal <i>subbase course</i>	Nilai $k_v$ (kN/m <sup>3</sup> )		Selisih (%)
	Plastik	Geosintetik	
5 cm	30.303,03	45.045,05	48,65
10 cm	50.000,00	56.818,18	13,64
15 cm	56.179,78	64.935,06	15,58
20 cm	69.444,44	80.645,16	16,13

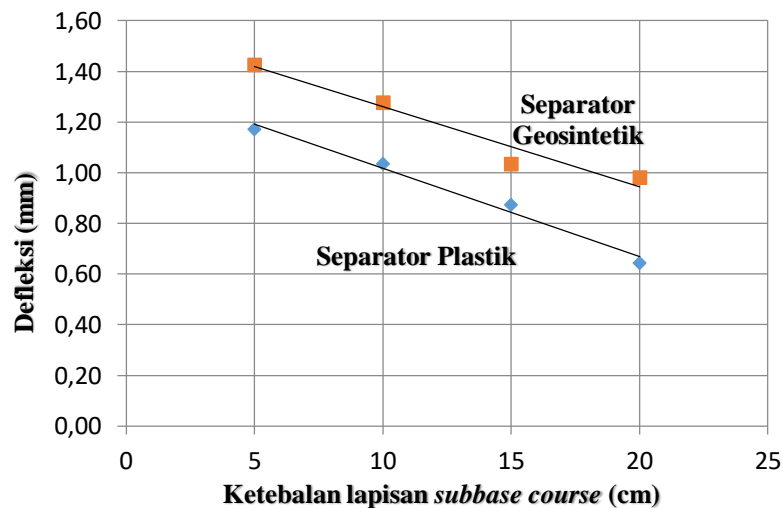
Berdasarkan pengujian *plate load test* pada lapisan *base course*, penambahan lapisan *subbase course* juga meningkatkan nilai  $k_v$ . Peningkatan terbesar terjadi pada lapisan dengan tebal *subbase course* 10 cm diperkuat plastik yang meningkat sebesar 65% dari nilai  $k_v$  lapisan dengan tebal *subbase course* 5 cm. Penambahan geosintetik juga berpengaruh pada peningkatan nilai  $k_v$ , yaitu meningkatkan sebesar 23,49% dari dengan perkuatan plastik. Perbandingan nilai  $k_v$  dengan perkuatan geosintetik dan plastik pada pengujian *base course* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai  $k_v$  dengan perkuatan geosintetik dan plastik pada pengujian *base course*.

### 3.4 Pengaruh penambahan geosintetik terhadap terhadap nilai defleksi

Hubungan antara ketebalan *subbase course* terhadap defleksi pelat disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara ketebalan *subbase course* terhadap defleksi pelat

Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa semakin tebal lapisan *subbase course*, maka defleksi yang terjadi pada pelat akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena semakin tebal lapisan perkerasan jalan, maka semakin kaku pula lapisan perkerasan tersebut, sehingga nilai defleksi yang terjadi akan berkurang.

### 3.5 Hasil pendekatan nilai $k_v$ ke nilai *CBR*

Hasil pendekatan nilai  $k_v$  ke nilai *CBR* disajikan pada Tabel 7.

Tabel 5. Hasil pendekatan nilai  $k_v$  ke nilai *CBR*

Ketebalan <i>subbase course</i>	<i>CBR</i> pada <i>base course</i> (%)		<i>CBR</i> pada <i>subbase course</i> (%)	
	Geosintetik	Plastik	Geosintetik	Plastik

5 cm	7,35	3,76	3,53	2,79
10 cm	13,33	9,19	4,19	3,12
15 cm	18,56	12,94	5,59	4,19
20 cm	27,29	20,79	10,54	4,59

Tabel 7 menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan lapisan *subbase course* dapat meningkatkan nilai *CBR*. Tampak bahwa penggunaan perkuatan geosintetik menghasilkan nilai *CBR* yang lebih besar dari penggunaan plastik sebagai perkuatan lapisan perkerasan jalan.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- Tanah lunak yang digunakan memiliki nilai *CBR* sebesar 0,31% (<3%). Hal ini berarti bahwa tanah lunak tersebut merupakan tanah yang jelek untuk digunakan sebagai lapisan *subgrade* dalam struktur perkerasan jalan.
- Penambahan geosintetik geotextile woven tipe 250 sebagai perkuatan yang diletakan di antara lapisan *subgrade* dan *subbase course* dapat meningkatkan nilai modulus reaksi *subgrade* ( $k_r$ ) sebesar  $\pm 26,35\%$ .
- pengujian *plate load test* lapisan *base course* pada setiap penambahan lapisan ketebalan *subbase course* sebesar 5 cm meningkatkan nilai  $k_r$  sebesar  $\pm 27,59\%$ ,
- pengujian *plate load test* lapisan *base course* pada setiap penambahan lapisan ketebalan *subbase course* sebesar 5 cm meningkatkan nilai *CBR* sebesar  $\pm 62,32\%$
- nilai *CBR* dan nilai  $k_r$  di dapatkan paling besar pada lapisan kombinasi 4 yaitu *subgrade* + geosintetik + *subbase course* 20 cm + *base course* sebesar 80.645,16 kN/m<sup>3</sup> sedangkan nilai  $k_r$  paling kecil pada lapisan kombinasi 5 yaitu *subgrade* + *subbase course* 5 cm sebesar 23.696,68 kN/m<sup>3</sup>,

#### 5. REKOMENDASI

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

- Pengaruh *confine* (kekangan) *mould* terhadap sampel perlu diperhitungkan secara jelas. Hal ini untuk meminimalkan pengaruh *mould* yang ukurannya terlalu kecil sebagai perkuatan tambahan bagi sampel, sehingga reaksi yang timbul hanya diakibatkan oleh sampel saja.
- Variasi dapat dilakukan terhadap material *subgrade* dan/atau material *base course*.
- Memperbanyak variasi tiap lapisan agar diperoleh lapisan perkerasan yang lebih optimum.
- Pengujian *plate load test* dilakukan dengan menggunakan *hydraulic jack* dan pelat standar (diameter 30 inch).
- Menggunakan separator jenis lain yang berlubang.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Ristanto, M., 2011, *Pemanfaatan Batu Kuning (Dolomite Limestone) sebagai Bahan Subbase Course Ditinjau dari Besarnya Nilai k pada Pengujian heavy Compaction dan CBR dalam Kondisi Unsoaked, Skripsi S-1*, Program Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Bahtiar, S., 2012, *Pengaruh Ketebalan Subbase Course dengan Material Utama Dolomite Limestone serta Penggunaan Geosintetik terhadap Nilai CBR dan k Struktur Perkerasan Jalan, Skripsi S-1*, Program Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Irianto, C. R., 2012, *Nilai CBR Unsoaked dan k Subbase Course pada Batu Kuning (Dolomite Limestone) dengan Rasio Perbandingan Agregat Kasar dan Agregat Halus, Skripsi S-1*, Program Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Anonim, 2002, *Pt T-01-2002-B tentang Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur*, Departemen Pekerjaan Umum. *American Standard Testing and Material*

Setiawan, Bambang. (2015). *Perilaku Sistem Cakar Ayam Modifikasi pada Tanah Ekspansif*, Disertasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.