

PENGGUNAAN MATERIAL BATU KAPUR SEBAGAI LAPISAN *SUBBASE COURSE* PERKERASAN JALAN PADA *SUBGRADE* TANAH GRANULER

Lukman Fahreza N.¹⁾ Bambang Setiawan²⁾ Harya Dananjaya H. I.³⁾

¹⁾ Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta

^{2) 3)} Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jalan Ir.Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp.(0271)647069. Email : fahrezaman10@gmail.com

ABSTRAK

Kerusakan perkerasan jalan tidak hanya disebabkan oleh kualitas permukaan perkerasannya, tetapi 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 granuler 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 penambahan ketebalan *subbase course* setiap 5 cm mampu meningkatkan nilai *CBR* pada *subbase course* berturut-turut sebesar 15,93%; 38,73% dan 3,35%. Penambahan ketebalan *subbase course* setiap 5 cm mampu meningkatkan nilai *CBR* pada *base course* berturut-turut sebesar 4,63%; 34,09%; 21,99% dan 2,68%. Penambahan ketebalan *subbase course* setiap 5 cm mampu meningkatkan nilai k_v pada *subbase course* berturut-turut sebesar 6,79; 58,82 dan 3,03%. Penambahan ketebalan *subbase course* setiap 5 cm juga mampu meningkatkan nilai k_v pada *base course* berturut-turut sebesar 12,20; 30,85; 9,30 dan 3,61%. Lapisan *subbase course* terbukti memiliki performa yang lebih baik dibandingkan lapisan *base course*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *CBR subbase course* yang 33,33% lebih besar daripada nilai *CBR base course*, pada ketebalan total struktur perkerasan jalan 40 cm. Hal ini juga ditunjukkan dengan nilai k_v *subbase course* yang 26,83% lebih besar daripada nilai k_v *base course*, pada ketebalan total struktur perkerasan jalan 40 cm.

Kata Kunci: tanah granuler, *subbase course*, nilai k_v , *CBR*

ABSTRACT

Pavement structure's damage doesn't only caused by its surface course quality, 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 granular 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 result shows that every 5 cm increase of subbase course thickness could increase the CBR value on subbase course respectively 15,93%; 38,73% and 3,35%. Every 5 cm increase of subbase course thickness could also increase the CBR value on base course respectively 4,63%; 34,09%; 21,99% and 2,68%. Every 5 cm increase of subbase course thickness could also increase the k_v value on subbase course respectively 6,79; 58,82 and 3,03%. Every 5 cm increase of subbase course thickness could also increase the k_v value on base course respectively 12,20; 30,85; 9,30 and 3,61%. Subbase course has better performance than base course in terms of k_v value. It's proven by the result that the CBR value on subbase course is 33,33% greater than CBR value on base course. The other proof is that the k_v value on subbase course is 26,83% greater than the k_v value on base course, at the pavement structure thickness of 40 cm.

Keywords: granular soil, *subbase course*, k_v , *CBR*

PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan salah satu prasarana transportasi yang vital bagi seluruh lapisan masyarakat. Karena itulah, kualitas jalan raya harus dipastikan dapat melayani masyarakat secara baik. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa jalan raya di Indonesia sering mengalami kerusakan yang disebabkan oleh buruknya lapisan permukaan perkerasan lentur. 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 granuler masih sedikit. Penelitian ini akan membahas mengenai pengaruh ketebalan lapisan *subbase course* pada tanah dasar (*subgrade*) granuler 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.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik material batu kapur telah diteliti oleh Negara dan Putra (2010) dalam Bahtiar (2012) mengenai penggunaannya sebagai lapisan *subbase course* struktur perkerasan jalan. Material tersebut cukup baik untuk bahan campuran pondasi bawah atau pondasi atas. Hal ini diperkuat oleh Ristanto (2011), yang menyatakan bahwa karakteristik fisik batu kapur telah memenuhi persyaratan sebagai material *subbase course*. 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_v) yang cukup baik, sehingga memenuhi syarat untuk dijadikan lapisan *subbase course*.

Variasi ketebalan lapisan *subbase course* telah disimulasikan oleh Bahtiar (2012), yang menggunakan lima variasi ketebalan lapisan *subbase course*, yakni 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm dan 35 cm. Lapisan *subbase course* tersebut diasumsikan berada di atas dua kondisi *subgrade* yang berbeda, yaitu kondisi *subgrade* tanah lunak dan kondisi *subgrade* tanah granuler. Pengujian CBR dilakukan terhadap setiap lapisan perkerasan jalan dengan lima variasi ketebalan *subbase course*. Bahtiar menyarankan perubahan variasi *subbase course* dan kondisi untuk penelitian selanjutnya.

Parameter modulus reaksi *subgrade* arah vertikal (k_v) didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan tanah dengan penurunan yang terjadi, yang ditentukan dari uji beban plat (*plate load test*). Menurut Hardiyatmo, dkk. (2000) dalam Bahtiar (2012) rumus dasar perhitungan nilai k_v untuk pelat kaku disajikan dalam Persamaan (1).

$$k_v = \frac{P}{\delta} \quad (1)$$

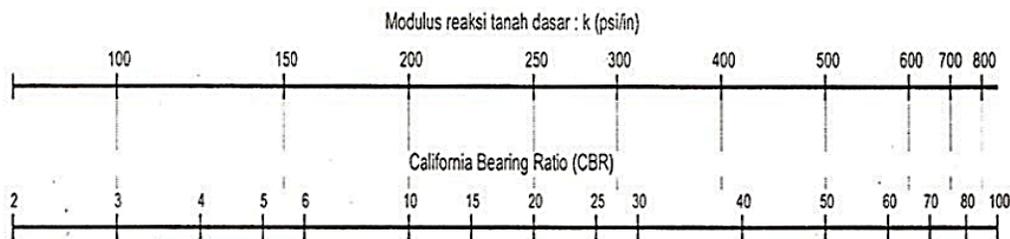
dengan,

k_v = nilai modulus reaksi *subgrade* arah vertikal (kN/m³)

p = tekanan (kN/m²)

δ = lendutan pelat (m)

Standar dari *U.S. Corps of Engineer* menyarankan nilai k_v ditentukan berdasarkan lendutan yang terjadi saat tekanan terbaca 0,69 kg/cm² (Setiawan, 2015). Nilai k_v yang diperoleh kemudian dikonversi ke parameter *California Bearing Ratio* (CBR) berdasarkan nomogram Oglesby dan Hicks (1996) pada Gambar 1.

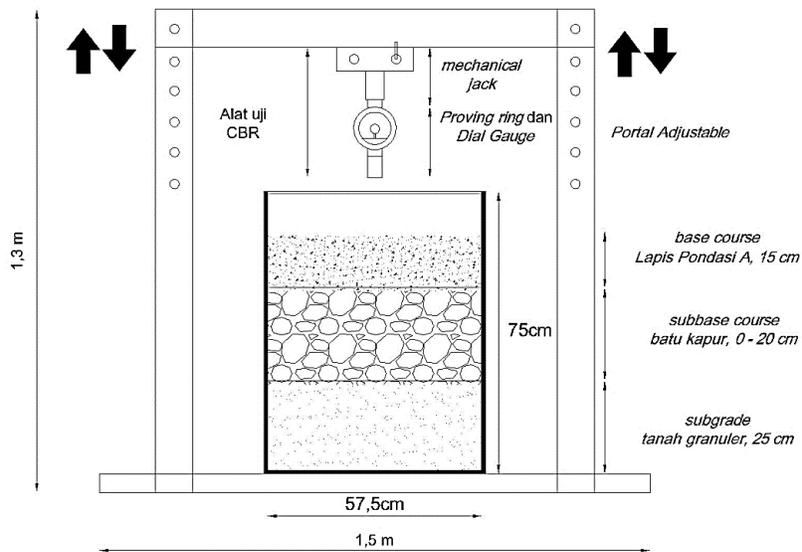


Gambar 1 Hubungan nilai CBR dengan k_v (Oglesby dan Hicks, 1996)

CARA PENELITIAN

Tahap Persiapan dan Pengujian Awal

Penelitian dimulai dengan melakukan pengambilan sampel material terganggu (*disturbed*) dari setiap *quarry*. Pengeringan dilakukan terhadap material *subgrade* (tanah granuler) untuk mendapatkan kadar air tanah mendekati 0%. Material *subgrade* yang digunakan adalah tanah granuler lolos saringan no.4 (4,75 mm). Material *subbase course* yang digunakan adalah batu kapur dengan gradasi sesuai penelitian Ristanto (2011). Material *base course* yang digunakan adalah lapis pondasi kelas A (LP-A). Pengujian awal dilakukan terhadap material *subgrade* dan *subbase course* untuk mengidentifikasi *index properties* kedua material tersebut.



Gambar 2 Sketsa alat pengujian

Tahap Pengujian Sampel

Pengujian CBR (ASTM D 4429-04) dan *plate load test* (ASTM D 1196-93) dilakukan secara simultan terhadap model struktur perkerasan jalan. Lapisan *subgrade* terlebih dahulu akan diuji CBR. Pengujian CBR dapat dilaksanakan setelah *steel frame* telah dipastikan dalam posisi terkunci dan presisi, sehingga mampu menahan reaksi pembebanan tanah secara optimal. Proses berikutnya, lapisan *subbase course* akan dihamparkan di atas lapisan *subgrade*, kemudian pengujian *plate load test* dilakukan terhadap lapisan *subgrade* + *subbase course*. *Deflection gauge* ditempatkan di atas permukaan *bearing plate* untuk mengukur penurunan yang terjadi selama pembebanan berlangsung. Pengujian dapat dilaksanakan apabila *steel frame* telah dalam posisi terkunci, dan semua *dial gauge* telah diatur dalam posisi nol. Sketsa alat pengujian disajikan dalam Gambar 2.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian CBR lapisan *subgrade*

Pengujian CBR dilakukan terhadap lapisan *subgrade* setelah dilakukan pemadatan setiap 5 cm. Pemadatan secara bertahap ini dimaksudkan untuk mencapai kepadatan yang mendekati kepadatan tanah granuler yang telah diuji di laboratorium. Nilai *CBR* 0,1” yang didapat setelah perhitungan akan dikonversi ke nilai k_v , menggunakan nomogram Oglesby dan Hicks (1982). Berdasarkan konversi tersebut, didapat nilai k_v lapisan *subgrade* sebesar 69.796,255 kN/m³.

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

Tabel 1 Perbandingan nilai k_v lapisan *subgrade* dengan penambahan *subbase course* dan *base course*

Kombinasi Sampel	k_v (kN/m ³)	Selisih terhadap <i>subgrade</i> (%)
<i>Subgrade</i>	69.795,255	-
<i>Subgrade</i> + <i>Base course</i>	96.153,846	37,77
<i>Subgrade</i> + <i>Subbase course</i> 15 cm	121.951,220	74,73

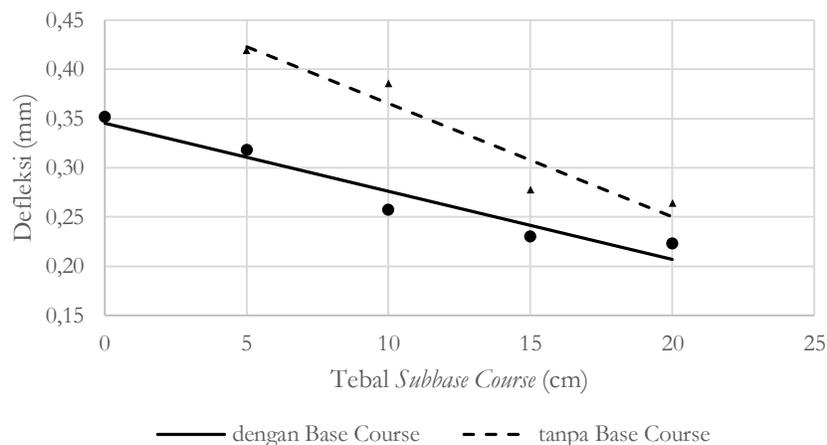
Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan *base course* setebal 15 cm dan *subbase course* setebal 15 cm dapat meningkatkan nilai k_v , berturut-turut sebesar 37,77% dan 74,73% terhadap nilai k_v lapisan *subgrade*. Peningkatan yang signifikan ini disebabkan oleh perbedaan material antara *subgrade* tanah granuler dengan material *subbase course* dan *base course*. Kombinasi agregat kasar dan agregat halus yang terdapat pada *subbase course* mengakibatkan lapisan tersebut lebih kaku dan keras dibandingkan lapisan *subgrade* yang hanya terdiri dari partikel tanah. Tabel 1 juga menunjukkan bahwa penambahan lapisan *subbase course* pada ketebalan yang sama mampu meningkatkan nilai k_v lebih signifikan dibandingkan penambahan lapisan *base course*.

Tabel 2 Rekapitulasi nilai CBR dan k_v seluruh kombinasi lapisan

No.	Kombinasi Lapisan	Tebal Total (cm)	CBR (%)	k_v (kN/m ³)
1	<i>Subgrade</i>	25	20,97	69.796,255
3	<i>Subgrade</i> + <i>Subbase course</i> 5 cm	30	25,99	80.645,161
5	<i>Subgrade</i> + <i>Subbase course</i> 10 cm	35	30,13	87.719,298
2	<i>Subgrade</i> + <i>Base course</i>	40	31,35	96.153,846
4	<i>Subgrade</i> + <i>Subbase course</i> 5 cm + <i>Base course</i>	45	32,80	106.382,979
7	<i>Subgrade</i> + <i>Subbase course</i> 15 cm	40	41,80	121.951,220
9	<i>Subgrade</i> + <i>Subbase course</i> 20 cm	45	43,20	128.205,128
6	<i>Subgrade</i> + <i>Subbase course</i> 10 cm + <i>Base course</i>	50	43,98	131.578,947
8	<i>Subgrade</i> + <i>Subbase course</i> 15 cm + <i>Base course</i>	55	53,65	147.058,824
10	<i>Subgrade</i> + <i>Subbase course</i> 20 cm + <i>Base course</i>	60	55,09	151.515,152

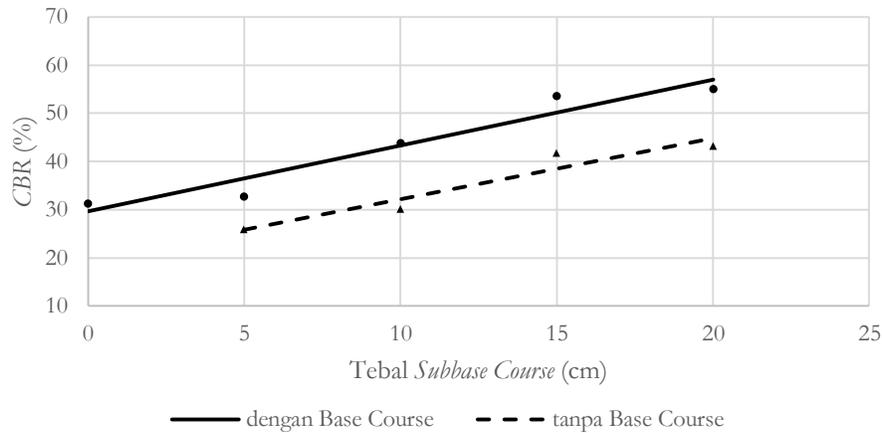
Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai k_v lapisan perkerasan dengan *base course* tidak selalu lebih besar daripada nilai k_v lapisan perkerasan tanpa *base course*. Ini terjadi pada kombinasi *subgrade* + *subbase course* 15 cm yang memiliki nilai k_v 26,83% lebih tinggi dibandingkan nilai k_v kombinasi lapisan *subgrade* + *base course*. Hal serupa juga terjadi pada kombinasi *subgrade* + *subbase course* 20 cm yang memiliki nilai k_v 20,51% lebih tinggi dibandingkan nilai k_v kombinasi lapisan *subgrade* + *subbase course* 5 cm + *base course*. Hal ini dapat menjadi salah satu alternatif yang efisien, jika material *subbase course* relatif mudah dan murah untuk didapatkan.

Hubungan antara ketebalan *subbase course* terhadap defleksi pelat, CBR dan k_v



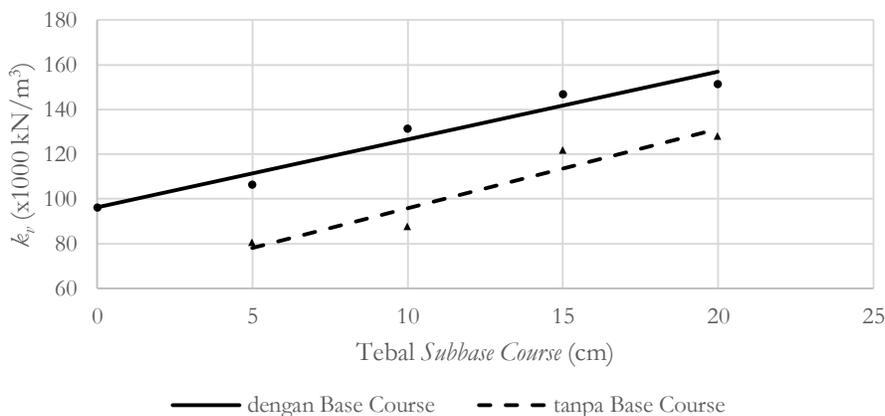
Gambar 3 Hubungan antara ketebalan *subbase course* terhadap defleksi pelat

Gambar 3 menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan *subbase course* berdampak pada penurunan nilai defleksi pelat pada kedua lapisan. Peningkatan ketebalan lapisan *subbase course* menyebabkan struktur perkerasan jalan menjadi semakin kaku. Hal ini mengakibatkan lendutan (defleksi) yang terjadi pada pelat semakin berkurang. Defleksi pelat yang terjadi pada setiap lapisan *subbase course* (tanpa *base course*) mengalami penurunan berturut-turut sebesar 8,06%; 28,07% dan 4,88%. Defleksi pelat yang terjadi pada setiap lapisan *base course* mengalami penurunan berturut-turut sebesar 9,62%; 19,15%; 10,53% dan 2,94%. Persentase tersebut menunjukkan bahwa interval penurunan defleksi pelat cenderung mengalami penurunan pada variasi *subbase course* paling tebal, yaitu 20 cm. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *subbase course* setebal 10 cm dan 15 cm merupakan penambahan yang optimum, sehingga jika ketebalan *subbase course* terus ditingkatkan, maka pengaruhnya terhadap nilai defleksi menjadi tidak signifikan.



Gambar 4 Hubungan antara ketebalan *subbase course* terhadap nilai CBR

Gambar 4 menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan *subbase course* akan berdampak pada peningkatan nilai CBR pada lapisan *subbase* dan *base course*. Peningkatan nilai CBR disebabkan karena nilai lendutan yang terjadi pada lapisan struktur perkerasan jalan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya ketebalan lapisan. Hal tersebut berarti bahwa reaksi yang diberikan oleh struktur perkerasan jalan meningkat, sehingga berdampak pada meningkatnya nilai CBR. Nilai CBR pada setiap lapisan *subbase course* (tanpa *base course*) meningkat berturut-turut sebesar 15,93%; 38,73% dan 3,35%. Nilai CBR pada setiap lapisan *base course* meningkat berturut-turut sebesar 4,63%; 34,09%; 21,99% dan 2,68%. Persentase tersebut menunjukkan bahwa interval peningkatan nilai CBR pada kedua lapisan cenderung mengalami penurunan saat variasi *subbase course* yang paling tebal (20 cm). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *subbase course* setebal 10 cm dan 15 cm merupakan penambahan yang optimum, sehingga jika ketebalan *subbase course* terus ditingkatkan, maka pengaruhnya terhadap nilai CBR menjadi tidak signifikan.



Gambar 5 Hubungan antara ketebalan *subbase course* dengan nilai k_p

Gambar 5 menunjukkan peningkatan ketebalan *subbase course* akan berdampak pada peningkatan nilai k_v pada lapisan *subbase* dan *base course*. Peningkatan nilai k_v disebabkan oleh meningkatnya rasio antara tekanan dengan lendutan yang terjadi pada pelat. Lendutan yang terjadi menurun pada tekanan yang sama, sehingga rasio tekanan terhadap lendutan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi *subgrade* struktur perkerasan jalan terhadap beban di atasnya meningkat ketika ketebalan lapisan *subbase course* (sebagai lapisan pendukung) meningkat. Nilai k_v pada setiap lapisan *subbase course* (tanpa *base course*) meningkat berturut-turut sebesar 8,77%; 39,02% dan 5,13%. Nilai k_v pada setiap lapisan *base course* meningkat berturut-turut sebesar 10,64%; 23,68%; 11,76% dan 3,03%. Persentase tersebut menunjukkan bahwa interval peningkatan nilai k_v pada kedua lapisan cenderung mengalami penurunan saat variasi *subbase course* yang paling tebal (20 cm).

Efek yang sama juga terjadi pada nilai lendutan pelat dan CBR. Interval peningkatan nilai lendutan dan CBR akan analog terhadap interval peningkatan nilai k_v , sehingga jika nilai lendutan dan CBR mengalami peningkatan signifikan, maka nilai k_v juga akan meningkat secara signifikan.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- Penambahan ketebalan lapisan *subbase course* mampu mengurangi nilai defleksi pelat yang terjadi pada sampel. Penambahan ketebalan *subbase course* 10 cm sampai dengan 15 cm mampu menurunkan nilai defleksi pelat sebesar 28,07% pada lapisan tanpa *base course* dan 19,15% pada lapisan dengan *base course*.
- Penambahan ketebalan lapisan *subbase course* mampu meningkatkan nilai CBR yang terjadi pada sampel. Penambahan ketebalan *subbase course* 10 cm sampai dengan 15 cm mampu meningkatkan nilai CBR sebesar 38,73% pada lapisan tanpa *base course* dan 34,09% pada lapisan dengan *base course*.
- Penambahan ketebalan lapisan *subbase course* mampu meningkatkan nilai k_v yang terjadi pada sampel. Penambahan ketebalan *subbase course* 10 cm sampai dengan 15 cm mampu meningkatkan nilai k_v sebesar 39,02% pada lapisan tanpa *base course* dan 23,68% pada lapisan dengan *base course*.
- Nilai k_v struktur perkerasan jalan tanpa *base course* dapat lebih tinggi daripada struktur perkerasan jalan dengan *base course* pada ketebalan yang sama. Kombinasi *subgrade* (25 cm) + *subbase course* (15 cm) memiliki nilai k_v 33,33% lebih besar daripada kombinasi *subgrade* (25 cm) + *base course* (15 cm).
- Material batu kapur dapat menjadi alternatif untuk digunakan sebagai lapisan *subbase course*. Nilai k_v yang dihasilkan struktur perkerasan jalan dengan *subbase course* batu kapur mampu mendekati atau melebihi nilai k_v struktur perkerasan jalan dengan *base course*.

REFERENSI

- Ristanto, M., 2011, *Pemanfaatan Batu Kuning (Dolomite Limestone) sebagai Bahan Subbase Course Ditinjau dari Besarnya Nilai k_v 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_v Struktur Perkerasan Jalan*, Skripsi S-1, Program Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Irianto, C. R., 2012, *Nilai CBR Unsoaked dan k_v Subbase Course pada Batu Kuning (Dolomite Limestone) dengan Rasio Perbandingan Agregat Kasar dan Agregat Halus*, Skripsi S-1, Program Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Oglesby, C.H., and Hicks, R.G. 1996. *Teknik Jalan Raya*. Jakarta: Erlangga.
- Setiawan, Bambang. 2015. *Perilaku Sistem Cakar Ayam Modifikasi pada Tanah Ekspansif*, Disertasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.