

KORELASI NILAI CBR DISAIN DAN NILAI CBR HASIL SAND CONE LAPISAN PONDASI *BASE COURSE* *FLEXIBEL PAVEMENT RUAS DALU-DALU MAHATO*

Bambang Edison¹ & Anton Ariyanto²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pasir Pengaraian

Email: bambang.edison@gmail.com

Struktur perkerasan jalan terutama flexibel pavement terdiri dari beberapa lapis elemen yaitu *subgrade*, *subbase course*, *base course* dan *surface course*. Setiap elemen mempunyai nilai elastisitas bahan masing-masing, sehingga boleh dikatakan elemen struktur perkerasan merupakan gabungan dari komposisi bahan yang masing-masing berbeda elastisitasnya. Oleh karena itu pemilihan jenis material dan mix desain menjadi sangat menentukan tebal lapis perkerasan, sifat fisik perkerasan dikemudian hari dan kelakuan perkerasan seperti deformasi permukaan dan lain sebagainya. Besaran nilai daya dukung lapis pondasi sangat dipengaruhi (ditentukan) oleh besar atau kecilnya nilai CBR dari lapis tersebut. Nilai daya dukung *base course* didapat dengan menggunakan alat uji CBR. Sand cone digunakan untuk menguji kepadatan lapangan. Metode yang digunakan adalah dengan cara melakukan pengujian langsung di lapangan untuk memperoleh nilai CBR lapangan.

Sedangkan untuk memperoleh nilai sand cone dengan cara mengambil langsung material dari lapangan yang telah dipadatkan dengan menggunakan alat uji sand cone kemudian dilakukan pemeriksaan di laboratorium. Pelaksanaan pengujian mengikuti prosedur-prosedur pengujian sesuai standar yang berlaku baik yang dikeluarkan oleh bina marga maupun oleh AASTHO. Tujuan penelitian ini adalah ingin mengetahui hubungan (korelasi) nilai CBR dan nilai Sand cone lapisan pondasi atas (*base course*).

Berdasarkan hasil tes CBR dan Sand Cone rata-rata 98,14 % dan 101,18 %. Dari hasil pengujian korelasi Product Moment diperoleh nilai korelasi sebesar -0,210. Hal ini menunjukkan hubungan yang negatif antara nilai CBR dan Sand Cone. Selanjutnya dari hasil uji signifikansi koefisien korelasi diperoleh nilai $t_{hitung} = 1,2224$, nilai t_{hitung} ini lebih kecil dari $t_{tabel} = 2,1009$ dengan derajat kebebasan $20 - 2 = 18$ dan taraf kesalahan 5 % untuk uji 2 pihak, jadi dapat disimpulkan H_0 diterima dan H_1 ditolak. Hal ini berarti tidak terdapat korelasi yang signifikan antara nilai CBR dan Sand Cone.

Kata kunci: Korelasi *CBR*, *Sand Cone*, *Base Course*

1. PENDAHULUAN

Berbeda dengan konstruksi bangunan gedung yang lebih banyak mengacu pada prinsip kekuatan struktur material padat, persyaratan konstruksi jalan lebih banyak mengacu pada teori elastisitas untuk struktur semi padat.

Struktur perkerasan jalan terutama flexibel pavement terdiri dari beberapa lapis elemen yaitu *subgrade*, *subbase course*, *base course* dan *surface course*. Setiap elemen mempunyai nilai elastisitas bahan masing-masing, sehingga boleh dikatakan elemen struktur perkerasan merupakan gabungan dari komposisi bahan yang masing-masing berbeda elastisitasnya. Oleh karena itu pemilihan jenis material dan mix desain menjadi sangat menentukan

tebal lapis perkerasan, sifat fisik perkerasan dikemudian hari dan kelakuan perkerasan seperti deformasi permukaan dan lain sebagainya.

Ruas jalan Dalu-dalu Mahato merupakan ruas jalan provinsi yang mempunyai peranan penting dalam pengembangan ekonomi regional. Mengingat pentingnya hal itu, maka perkembangan arus lalu lintas pada daerah tersebut harus diikuti dengan tingkat pelayanan jalan yang sesuai agar tidak mengganggu kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan.

Untuk merencanakan suatu konstruksi jalan raya yang baik maka harus diketahui kondisi dari tanah yang akan memikul semua beban, meliputi beban perkerasan dan beban lalu lintas. Setelah

diketahui sifat, jenis dan kemampuan daya dukung tanah maka pekerjaan perencanaan dapat dilakukan. Permasalahan dominan yang terjadi pada ruas jalan Dalu-dalu mahato adalah tingkat kerusakan jalan yang cukup berarti yang diakibatkan oleh kondisi lalu lintas kendaraan berat. Untuk itu diperlukan analisa lapis pondasi perkerasan agar ruas jalan Dalu-dalu Mahato dapat berfungsi secara optimal. Hal ini perlu dilakukan karena lapisan pondasi bawah (subbase) sangat berperan dalam menentukan kekuatan serta ketahanan sehingga kokoh atau tidaknya elemen struktur perkerasan jalan tersebut. Dapat dikatakan ketahanan struktur perkerasan lentur jalan raya sangat ditentukan oleh kinerja dari masing-masing lapisan tersebut. Kekuatan konstruksi sebuah perkerasan jalan sangat ditentukan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor tersebut adalah kekuatan dan ketahanan dari lapisan pondasi bawah (subbase). Semakin baik tingkat kepadatan dan semakin besar nilai daya dukung dari lapisan subbase maka semakin baik pula ketahanan (kekokohan/kestabilan) dari konstruksi tersebut. Adapun tujuan dari penelitian ini menentukan hubungan (kolerasi) nilai CBR disain dan Nilai Sand cone hasil pengukuran dilapangan lapisan pondasi bawah pada konstruksi jalan ruas Dalu-dalu Mahato.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Elemen Perkerasan Lentur

Menurut Hamirhan Saodang, (2004), struktur perkerasan lentur dibuat secara berlapis terdiri dari elemen perkerasan : lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas dan lapisan permukaan yang dihampar diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*). Masing-masing elemen diatas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu lintas.

Sedang menurut Sukirman (1999), menyatakan lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan

pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar (*subgrade*).

Lapis pondasi atas (*base course*) adalah suatu elemen perkerasan jalan yang terletak diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (*sub base*), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang mendukung lapis permukaan dan beban-beban roda yang bekerja diatasnya dan menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapisan *sub base course* dan *sub grade*.

Fungsi utama lapis base course diantaranya :

- Bagian perkerasan yang menahan beban roda kendaraan.
- Sebagai perletakan lapis permukaan (*surface*)
- Meneruskan gaya limpahan beban lalu lintas ke lapisan *subbase course*.

Bahan untuk lapis base course umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban roda kendaraan. Oleh sebab itu sebelum menentukan bahan untuuk digunakan sebagai lapisan pondasi atas (*base course*) hendaknya dilakukan penyelidikan dan perencanaan sebaik-baiknya sesuai dengan spesifikasi teknik yang ada.

2.2.. Agregat

Menurut Hamirhan Saodang (2004), Agregat adalah merupakan elemen perkerasan jalan yang mempunyai komposisi 90-95% terhadap acuan berat dan 75-85% terhadap acuan volume dari komposisi perkerasan total. Sehingga merupakan faktor kekuatan yang utama dalam perkerasan. Selain itu agregat berfungsi sebagai penstabil mekanis, maka agregat harus mempunyai kekuatan dan kekerasan untuk menghindari terjadinya kerusakan akibat beban lalu lintas.

Oglesby dan Hick (1982) menyatakan bahwa bahan yang paling umum untuk lapisan jalan dan strukturnya adalah batu pecah, batu kerikil yang

dipecah, dan pasir. Menurut Sukirman (1999), berdasarkan besar atau ukurannya agregat dapat dibedakan atas :

- Agregat kasar, yaitu agregat yang ukurannya > 4,75 mm menurut ASTM atau
- agregat yang ukurannya > 2 mm menurut ASSHTO
- Agregat halus, yaitu agregat yang ukurannya < 4,75 mm menurut ASTM atau
- agregat yang ukurannya < 2 mm dan > 0,075 mm menurut ASSHTO
- Abu Batu atau filler, yaitu agregat halus yang umumnya lolos saringan # 200

Sifat kekuatan dan keawetan agregat dipengaruhi oleh :

- a. Gradasi
- b. Kompak dan keras
- c. Ukuran maksimum
- d. Kadar lempung
- e. Bentuk butiran dan
- f. Tekstur permukaan

Lapis Pondasi Atas (LPA) adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (*sub-base*), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang mendukung lapis permukaan dan beban-beban roda yang bekerja di atasnya dan menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis pondasi bawah, kemudian ke lapis tanah dasar.

Lapis pondasi atas dibuat di atas lapis pondasi bawah yang berfungsi di antaranya :

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda.
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.
- c. Meneruskan limpahan gaya lalu lintas ke lapis pondasi bawah.

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat adalah material granular, misalnya pasir,

kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.

Menurut Silvia Sukirman, (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Agregat atau batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan solid. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume (Sukirman, 1999). Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Lapis pondasi agregat adalah lapis pondasi yang bahan utamanya terdiri atas agregat atau batu atau granular material. Agregat adalah material berbutir yang keras dan kompak dan yang dimaksud agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Lapis pondasi agregat terdiri tiga kelas yang berbeda yaitu Kelas A, Kelas B dan Kelas C. Lapis pondasi terdiri atas Agregat Kelas A atau Kelas B, sedangkan lapis pondasi bawah terdiri atas Agregat Kelas C. (*Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga*"Manual Pekerjaan Lapis Pondasi, Buku 3"

Ukuran Saringan		% berat yang lolos		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas C
3"	75			100
2"	50		100	75-100
1½"	37,5	100	88 -100	60-90
1"	25,0	77 -100	70 - 85	45-78
¾"	19,0	44 - 60	40 - 65	25-55
No.4	4,75	27 - 44	25 - 52	13-45
No.10	2,0	17 - 30	15 - 40	8-36
No.40	0,425	7 - 17	8 - 20	7-23
No.200	0,075	2 - 8	2 - 8	5-15

No. 002-03/BM/2006)

Tabel 1. Gradasi Lapis Pondasi Agregat
Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)

Tabel 2. Sifat Lapis Pondasi Agregat

Sifat – sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 2417-2008)	0 - 40%	0 - 40%	0 - 40%
Indek Plastis (SNI 1966-2008)	0 – 6	0 – 10	4 – 15
Hasil kali Indek Plastisitas dengan % Lolos Saringan No.200	mak. 25	-	-
Batas Cair (SNI 1967-2008)	0 – 25	0 - 35	0 – 35
CBR (SNI 1744-2012)	min. 90%	min. 60 %	min. 50%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010(Revisi 3)

2.3.. Compaction

Wesley (1977), cara mekanis yang dipakai untuk memadatkan tanah boleh bermacam-macam, Di lapangan biasanya dipakai cara menggilas, sedangkan di laboratorium dipakai cara memukul. Untuk setiap daya pemadatan tertentu (*certain compactive effort*) kepadatan yang tercapai tergantung kepada banyaknya air yang didalam tanah tersebut, yaitu kepada kadar airnya.

Bilamana kadar air suatu tanah tertentu rendah maka tanah itu keras aatau kaku dan sukar dipadatkan. Bilaman kadar air ditambah maka air itu akan berlaku sebagai pelumas sehingga tanah tersebut akan lebih mudah dipadatkan dan ruangan kosong antara butir nanti menjadi lebih kecil. Pada kadar air yang tinggi, kepadatannya akan turun lagi karena pori-pori tanah menjadi penuh terisi air yang tidak dapat dikeluarkan denga cara memadatkan. Kadar air ini selalu tergantung pada daya pemadatan, bilamana daya pemadatan berlainan maka kadar air optimum juga berlainan.

Pada bagian lain Sosrodarsono (1987), mengemukakan bahwa pemadatan tanah berbutir halus memiliki kadar air optimum yang tinggi. Hal ini disebabkan semakin luas permukaan partikel yang akan terbungkus air, sehingga setiap kondisi dari tanah tersebut akan menunjukkan kadar air yang dikandung lebih besar. Keadaan demikian tidak terjadi pada tanah yang berbutir kasar karena jumlah seluruh permukaan butiran yang terbungkus oleh air relatif kecil. Pemadatan jenis tanah yang berbeda

dengan menggunakan energi pemadatan yang sama akan menghasilkan kepadatan yang berbeda.

3. METODOLOGI

3.1. Disain penelitian

Pemeriksaan bahan penyusun dan mix desain lapis pondasi atas (*base course*) dilakukan di laboratorium teknik sipil universitas pasir pengaraian.

Pemeriksaan lapangan terhadap hasil mix desain lapis base course melalui uji kepadatan kering menggunakan sand cone metode. Sand cone metode dilakukan untuk setiap 200 meter.

3.2. Analisa korelasi

Korelasi product moment dilakukan untuk mengetahui tingkatan hubungan antara nilai CBR hasil mix desain dan nilai CBR hasil Sand Cone. Korelasi adalah istilah statistik yang menyatakan derajat hubungan linier (searah bukan timbal balik) antara dua variabel atau lebih.

3.3. Uji- t

Teknik korelasi ini digunakan untuk mencari hubungan dan membuktikan tingkatan kesamaan antara hubungan kedua variable bilamana data kedua variable berbentuk interval atau rasio, dan dari data kedua variabel tersebut dapat dilihat hubungannya melalui grafik hubungan nilai CBR dan Sand Cone.

Pengujian signifikansi berfungsi apabila penelitian ingin mencari makna dari hubungan variabel X terhadap Y, maka hasil korelasi tersebut diuji signifikansi sebagai berikut :

Hipotesis:

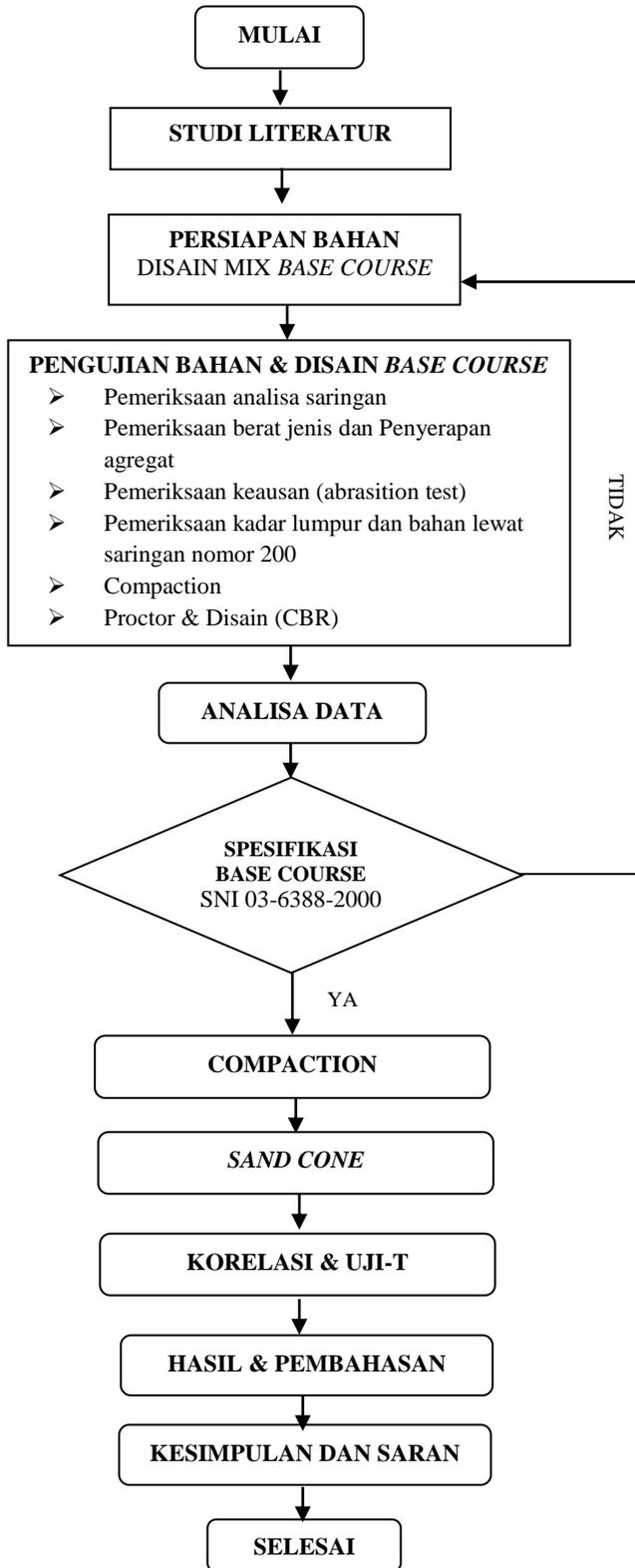
H_0 :Tidak terdapat hubungan yang positif dan signifikan antara variabel Nilai CBR dengan Nilai Sand Cone,

H_1 :Terdapat hubungan yang positif dan signifikan antara variabel Nilai CBR dengan Nilai Sand Cone.

Dasar Pengambilan Keputusan :

1. Jika nilai probabilitas 0,05 lebih kecil atau sama dengan nilai probabilitas sig atau ($0,05 \leq sig$), maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, artinya tidak signifikan atau tidak ada pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat.
2. Jika nilai probabilitas 0,05 lebih besar atau sama dengan nilai probabilitas sig atau ($0,05 \geq sig$), maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya signifikan atau ada pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat.

Selanjutnya untuk melihat tingkat keberartian hubungan kedua variabel tersebut diperoleh dengan perhitungan *uji t*.

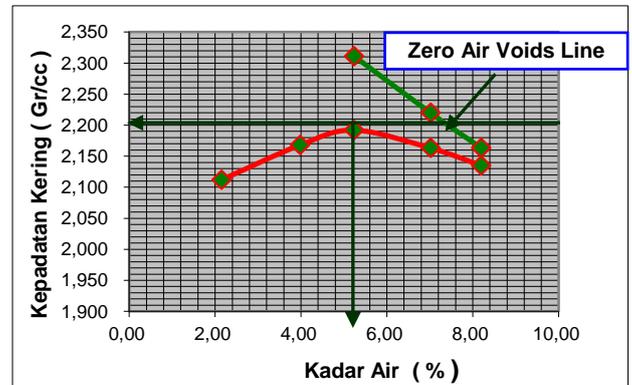


Gambar 1. Diagram alir penelitian

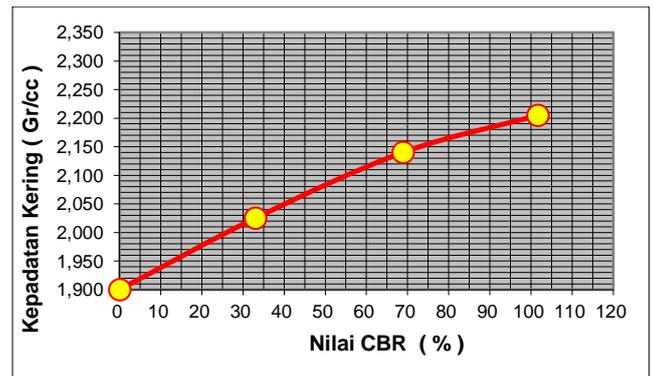
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Mix Disain Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Hasil mix desain bahan penyusun lapis pondasi atas (*base course*) melalui uji proctor, adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Hubungan Kadar Air VS Kepadatan Kering Mix Desain *Base Course*



Gambar 3. Kepadatan Kering Mix Desain *Base Course* Vs Disain Nilai CBR

Tabel 3. Hasil pemeriksaan dan desain lapis pondasi atas (*Base Course*)

ANALISA SARINGAN	SATUAN	RENCANA	SPESIFIKASI
2 "	%		
1 1/2 "	%	100	100
1 "	%	83,90	79 - 85
3/8 "	%	48,54	44 - 58
# 4	%	32,16	29 - 44
# 10	%	21,66	17 - 30
# 40	%	13,12	7 - 17
# 200	%	4,24	2 - 8
ABRASI	%	32,32	0 - 40
LIQUID LIMIT	%	22,70	0 - 25
PLASTISITAS INDEX	%	3,24	0 - 6
KEPADATAN KERING MAKSIMUM	Gr / cc	2,192	-
KADAR AIR	%	5,20	-
RONGGA DALAM MINERAL AGGREGATE	%	18,90	MIN. 14
NILAI C. B. R 100 %	%	96,0	MIN. 95
NILAI C. B. R 95 %	%	50,0	

4.2. Hasil Pemeriksaan CBR

Pemeriksaan nilai CBR didahului dengan pengujian kepadatan, hal ini disebabkan nilai CBR maksimum akan tercapai bila material yang digunakan dalam keadaan padat. Kadar air yang digunakan untuk mencapai tingkat kepadatan yang maksimum adalah kadar air optimum. Untuk mengetahui daya dukung lapisan pondasi (*base course*) yang sesungguhnya di lapangan, maka diperlukan pemeriksaan nilai CBR lapangan. Pemeriksaan nilai CBR lapangan dilakukan pada Sta.31+350 s/d 32+375 dengan jumlah 4 titik dan jarak antara titik pemeriksaan satu ke titik pemeriksaan kedua berjarak 200 meter. nilai CBR rata-rata lapisan pondasi base course diperoleh sebesar 96,56%

4.3. Hasil pemeriksaan CBR lapang metode sand cone.

Pemeriksaan nilai Sand Cone didahului dengan pengujian kepadatan, hal ini disebabkan nilai Sand Cone maksimum akan tercapai bila material yang digunakan dalam keadaan padat. Kadar air yang digunakan untuk mencapai tingkat kepadatan yang maksimum adalah kadar air optimum.

Hasil pemeriksaan di laboratorium menunjukkan bahwa kepadatan kering maksimum (lab) sebesar 2.190 *gr/cm³*. Pada keadaan tersebut diperoleh derajat kepadatan rata-rata sebesar 101,18% dari yang disyaratkan. Nilai Sand Cone maksimum dicapai bila material tersebut dalam keadaan padat.

Dari hasil tes di laboratorium terhadap komposisi material base course yang digunakan di lapangan. Diperoleh nilai derajat kepadatan rata-rata 101,18% atau min 95%. Harga Sand Cone tersebut memenuhi persyaratan yang ditetapkan Bina Marga untuk base course pada Peningkatan Jalan Dalu-dalu Mahato sebesar 101,18%.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan CBR Lab dan CBR Sand Cone Metode

Sta	Y (Sand Cone)	X (CBR)	X1*Y1	Y ²	X ²
31+530	104,0	97	10083	10806	9409
31+890	101,3	98,4	9971	10268	9683
32+095	106,7	95,9	10231	11381	9197
32+375	110,3	96,6	10653	12162	9332
32+575	100,0	100	10000	10000	10000
32+775	99,8	98	9778	9956	9604
32+975	102,6	96	9846	10519	9216
33+175	100,0	98,5	9850	10000	9702
33+375	99,7	99,2	9890	9940	9841
33+575	98,4	98,5	9692	9683	9702
33+775	80,8	98	7916	6525	9604
33+975	98,5	98	9653	9702	9604
34+175	100,0	97,7	9770	10000	9545
34+375	100,0	100	10000	10000	10000
34+575	100,0	99,4	9940	10000	9880
34+775	110,5	99	10940	12210	9801
34+975	110,3	98,3	10842	12166	9663
35+175	99,7	98	9771	9940	9604
35+375	98,6	98,5	9712	9722	9702
35+575	101,3	97,9	9917	10262	9584
Σ	2022,4	1963,9	198456	205241	192673

Dari hasil pengujian korelasi terhadap nilai rata – rata antara CBR dan Sand Cone diperoleh nilai korelasi sebesar -0,210. Berdasarkan tabel 4. koefisien korelasi menunjukkan tingkat hubungan yang negatif antara nilai CBR dan Sand Cone. Jika dikonsultasikan dengan t tabel dengan dk (n-2) = 18, pada $\alpha = 0,05$ diperoleh t tabel 2,1009 maka t hitung lebih kecil dari t tabel ($1,2224 < 2,1009$). Jadi dapat disimpulkan H_0 diterima H_1 ditolak.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai Koefisien Determinasi, diperoleh nilai kontribusi variabel X terhadap Y adalah sebesar 4,5%. Nilai 4,5% menunjukkan bahwa CBR memberikan nilai kontribusi sangat kecil yaitu sebesar 4,5% terhadap Sand Cone, dan sisa sebesar 95,5% menunjukkan bahwa ada variabel lain yang mempengaruhi.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengolahan dan analisis data secara pembahasan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya dukung dan derajat kepadatan base course memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, hal ini ditandai dengan tercapainya nilai CBR rata - rata dan nilai Sand Cone rata-rata yaitu 98,14% dan 101,18%, karena spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga untuk Base Course klas A adalah 95%.
2. Dari hasil pengujian korelasi terhadap nilai rata-rata antara CBR dan Sand Cone diperoleh nilai korelasi sebesar -0,210. Hal ini menunjukkan tingkat hubungan yang negatif antara nilai CBR dan Sand Cone

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan perlu pengawasan yang lebih teliti di lapangan saat pelaksanaan pembuatan lapis *base course*, karena dalam pelaksanaan material *base course* hampir sama dengan *subbase*.

PUSTAKA

- Bowles, J.E, 1986, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Terjemahan Hainim J,K, Erlangga, Jakarta.
- Hamrmam saodang, 2004. **Perancangan Perkerasan Jalan Raya** Penerbit Nova Bandung.
- Krebs, R.D., Walker, R.D., 1971, *Highway Materials*, Mc Graw Hill Inc., USA
- Oglesby, C.H., R.G. Hick, 1982, *Highway Engineering*, 4th ed. Willey and Sons, New York.

Sosrodarsono, S., 1987, *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*, Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.

Sugiono, 2007, *Statistika Untuk Penelitian*, Penerbit Alfabeta, Bandung.

Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung

Wasis H, F, H. et.al.2012, *Penggunaan terrasil sebagai material modifier untuk perbaikan daya dukung subgrade*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Wesley, L.D, 1977, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.