

HUBUNGAN NILAI CBR DAN SAND CONE LAPISAN PONDASI BAWAH PADA PERKERASAN LENTUR JALAN

Said Jalalul Akbar¹⁾, Burhanuddin²⁾, Jufriadi³⁾

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Email: jaakidani@gmail.com

Abstrak

Lapisan pondasi bawah konstruksi sebuah jalan merupakan salah satu faktor yang sangat berperan dalam menentukan kestabilan (kekuatan) dari konstruksi jalan. Besaran nilai daya dukung lapis pondasi bawah sangat dipengaruhi (ditentukan) oleh besar atau kecilnya nilai CBR dari lapis tersebut. Nilai daya dukung subbase didapat dengan menggunakan alat uji CBR. Sand cone digunakan untuk menguji kepadatan dari lapisan pondasi bawah. 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 terhadap ketebalan lapisan pondasi bawah pada sebuah konstruksi jalan. Berdasarkan hasil tes CBR nilai yang didapat antara 60,27 % s.d 72,87 % sedang Sand Cone antara 59,88 % s.d 62,71 %. Setelah dirata-ratakan nilai CBR dan Sand Cone menjadi 62,48 % dan 60,44 %. Dari hasil pengujian korelasi Product Moment diperoleh nilai korelasi sebesar -0,225. Hal ini menunjukkan hubungan yang negatif antara nilai CBR dan Sand Cone. Selanjutnya dari hasil uji signifikansi koefisien korelasi diperoleh nilai t hitung = -0,730, nilai t hitung ini lebih kecil dari t tabel = 2,228 dengan derajat kebebasan $12 - 2 = 10$ 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: CBR, Sand Cone, dan Korelasi Product Moment

1. Pendahuluan

Fungsi tanah dasar adalah menerima tekanan akibat beban lalu lintas yang ada di atasnya oleh karena itu tanah dasar harus mempunyai kapasitas daya dukung yang optimal sehingga mampu menerima gaya akibat beban lalu lintas tanpa mengalami kerusakan (Wasis et al, 2012). Kekuatan konstruksi sebuah perkerasan jalan sangat ditentukan oleh besaran nilai dari daya dukung tanah dimana konstruksi itu diletakkan (dibuat). Semakin baik nilai daya dukung tanah maka semakin baik pula ketahanan (kekokohan/kestabilan) dari konstruksi tersebut. Selain Lapisan tanah dasar, lapisan pondasi bawah (subbase) juga berperan dalam menentukan kekuatan serta ketahanan sehingga kokoh atau tidak konstruksi 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) dari jalan tersebut. 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 ingin mengetahui hubungan (kolerasi) nilai CBR dan Nilai Sand cone terhadap ketebalan lapisan pondasi bawah pada sebuah konstruksi jalan.

California Bearing Ratio (CBR) adalah sebuah metode (cara) untuk menentukan besaran nilai daya dukung tanah dalam menahan/mendukung beban yang bekerja di atasnya, yaitu beban yang bekerja di atas perkerasan jalan. Nilai CBR laboratorium didapat dengan menggunakan alat yang bernama alat uji CBR sedangkan untuk nilai CBR lapangan didapat dengan menggunakan alat uji CBR lapangan yang menggunakan Dam Truk yang berisi muatan penuh sebagai beban ujinya (beban penetrasi).

Sand Cone adalah salah satu alat untuk menentukan kepadatan di tempat dari lapisan tanah atau perkerasan yang telah dipadatkan, hasilnya didapat setelah contoh material yang didapat di lapangan kemudian diolah di laboratorium. Metode pengujian ini meliputi persyaratan dan ketentuan-ketentuan pengujian tanah yang mempunyai partikel berbutir tidak lebih dari 5 cm. Tujuan metode ini untuk memperoleh angka kepadatan lapangan (ρ_d).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini 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.

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

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*). Perkerasan berfungsi sebagai tumpuan rata-rata, permukaan yang rata menghasilkan jalan pesawat (kendaraan) yang stabil dan ditinjau dari fungsinya harus dijamin bahwa tiap-tiap lapis dari atas ke bawah cukup kekerasannya dan ketebalannya sehingga tidak mengalami perubahan karena tidak mampu menahan beban (Ashford dan Wright, 1979).

Bowles (1986), Secara umum tanah digolongkan sebagai tanah yang berbutir kasar dan berbutir halus. Tanah yang berbutir kasar seperti kerikil dan pasir dikenal sebagai bahan yang tidak kohesif, sedangkan tanah yang sifatnya kohesif seperti lanau dan lempung digolongkan dalam material berbutir halus. Lebih lanjut dikemukakan, untuk mengklasifikasikan tanah ada dua sistem yang paling banyak dipakai yaitu sistem AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dan USCS (*Unified Soil Classification System*).

2.2 Agregat

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

Menurut Krebs dan Walker (1971), gradasi merupakan kunci utama dari sifat-sifat agregat. Berbagai macam metode dalam menyatakan distribusi ukuran agregat telah ditemukan. Salah satu dari metode tersebut adalah dengan menggunakan Rumus Fuller yaitu:

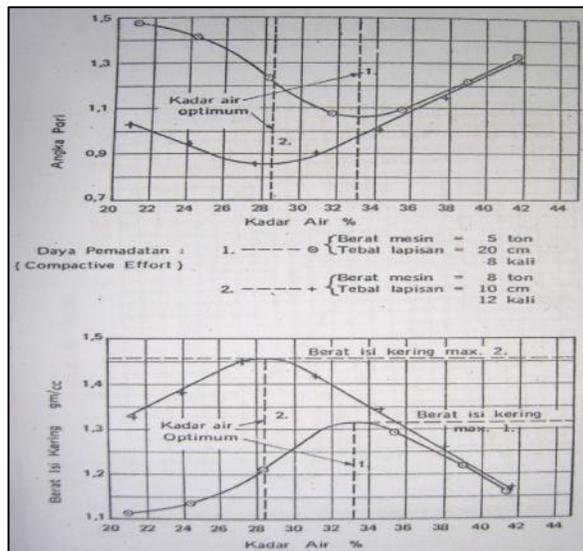
$$P = 100(d / D)^n \dots\dots\dots (1)$$

di mana :

- P = Persen lolos saringan
- d = Ukuran agregat yang sedang diperhitungkan
- D = Ukuran maksimum dari agregat
- n = Koefisien (0,45 – 0,5 untuk gradasi menerus)

2.3 Teori Pemadatan

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.



Gambar 1 Pengaruh Kadar Air dan Daya Pemadatan Tanah

Sumber: Wesley (1997)

Bilamana kadar air suatu tanah tertentu rendah maka tanah itu keras atau kaku dan sukar dipadatkan. Bilamana 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 dengan cara memadatkan. Kadar air ini selalu tergantung pada daya pemadatan, bilamana daya pemadatan berlainan maka kadar air optimum juga berlainan. Dari setiap kali pemadatan, dapat satu nilai kadar air dan satu nilai kepadatan (angka pori), angka-angka ini dapat kita pakai untuk membuat grafik angka pori terhadap kadar air seperti diperlihatkan pada Gambar 1.

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.

2.4 Analisa CBR (*California Bearing Ratio*)

Sukirman (1999), menyatakan CBR adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1"/0,2" dengan beban yang ditahan batu pecah standar pada penetrasi 0,1"/0,2" tersebut. Harga CBR dinyatakan dalam persen. Jadi harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar di bandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas. CBR Lapangan sering disebut CBR in place atau field CBR yang gunanya untuk:

- a. Mendapatkan nilai CBR asli di lapangan, sesuai dengan kondisi tanah dasar saat itu namun digunakan untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan yang lapisan tanahnya dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi. Pemeriksaan dilakukan dalam kondisi kadar air tanah tinggi (musim penghujan) atau dalam kondisi terburuk yang mungkin terjadi.
- b. Untuk mengontrol apakah kepadatan yang diperoleh sudah sesuai dengan yang diinginkan. Pemeriksaan untuk tujuan ini tidak umum digunakan, lebih sering menggunakan pemeriksaan yang lain seperti sand cone dan lain-lain.

2.5 Analisa Sand Cone

Untuk mengetahui kepadatan dari berbagai jenis material yang akan digunakan pada kegiatan pembangunan jalan, perlu terlebih dahulu ditetapkan metode yang digunakan, yang sering digunakan adalah metode Sand Cone. Sand cone adalah salah satu alat untuk menentukan kepadatan ditempat dari lapisan tanah atau perkerasan yang telah dipadatkan, hasilnya didapat setelah contoh material yang di dapat dilapangan diolah di laboratorium. Metode pengujian ini meliputi persyaratan dan ketentuan-ketentuan pengujian tanah yang mempunyai partikel berbutir tidak lebih dari 5 cm. Tujuan metode ini untuk memperoleh angka kepadatan lapangan (ρ_d)

2.6 Korelasi Produk Momen

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

2.6.1 Uji Korelasi dan Analisis Korelasi

Koefisien korelasi sederhana dilambangkan (r) adalah suatu ukuran arah dan kekuatan hubungan linier antara dua variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y), dengan ketentuan nilai r berkisar dari harga (-1 ≤ r ≤ +1). Apabila nilai r = -1 artinya korelasinya negatif sempurna (menyatakan arah hubungan antara X dan Y adalah negatif dan sangat kuat), r = 0 artinya tidak ada korelasi, r = 1 berarti korelasinya sangat kuat dengan arah yang positif. Sedangkan arti harga r akan dikonsultasikan dengan table. Berikut ini dikemukakan juga rumus yang paling sederhana yang dapat digunakan untuk menghitung koefisien korelasi, yaitu:

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \dots\dots\dots (2)$$

di mana:

- rx_{xy} = Korelasi antara variable X dengan Y
- X = Nilai CBR
- Y = Nilai Sand Cone
- n = Jumlah Sampel

Menurut Sugiyono (2007) untuk dapat memberikan penafsiran terhadap koefisien korelasi yang ditemukan tersebut besar atau kecil, maka dapat berpedoman pada ketentuan yang tertera pada Tabel 1

Tabel 1 Pedoman interpretasi Terhadap koefisien korelasi

| Interval Koefesien | Tingkat Hubungan |
|--------------------|------------------|
| 0,00 – 0,199 | Sangat Rendah |
| 0,20 – 0,399 | Rendah |
| 0,40 – 0,599 | Sedang |
| 0,60 – 0,799 | Kuat |
| 0,80 – 1,000 | Sangat Kuat |

Sumber: Sugiyono, (2007)

Analisis Korelasi adalah metode statstika yang digunakan untuk menentukan kuatnya atau derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih. Semakin nyata hubungan linier (garis lurus), maka semakin tinggi derajat hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih. Ukuran untuk derajat hubungan garis lurus ini dinamakan koefisien korelasi.

2.6.2 Uji Signifikansi Koefisien Korelasi Sederhana (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:

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

H1 : 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 sig), maka H0 diterima dan H1 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 sig), maka H0 ditolak dan H1 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 sebagai berikut.

$$t = \frac{r \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r^2}} \dots\dots\dots (3)$$

2.6.3 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi dengan simbol r^2 merupakan proporsi variabilitas dalam suatu data yang dihitung didasarkan pada model statistik. Definisi berikutnya menyebutkan bahwa r^2 merupakan rasio variabilitas nilai-nilai yang dibuat model dengan variabilitas nilai data asli. Secara umum r^2 digunakan sebagai informasi mengenai kecocokan suatu model. Dalam regresi r^2 ini dijadikan sebagai pengukuran seberapa baik garis regresi mendekati nilai data asli yang dibuat model. Jika r^2 sama dengan 1, maka angka tersebut menunjukkan garis regresi cocok dengan data secara sempurna. Besar kecilnya sumbangan nilai variabel X terhadap Y dapat ditentukan dengan rumus koefisien determinasi sebagai berikut:

$$KD = r^2 \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

di mana:

- KD = nilai koefisien determinasi
- r^2 = nilai koefisien korelasi

3 Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur yang bertujuan untuk mendapatkan data-data yang berhubungan dengan judul penelitian sehingga nantinya akan didapatkan gambaran permasalahan tentang tema dan studi kasus yang dipilih. Setelah tahapan studi literatur selesai dilanjutkan dengan tahapan pengolahan data, tahapan ini bertujuan agar peneliti mempunyai acuan dasar dalam melakukan penelitian. Lokasi penelitian ini adalah jalan penghubung Simpang Tambue – Lhok Dagang Sta. 1+050 s/d 6+450 Kecamatan Simpang Mamplam Kabupaten Bireuen, tepatnya 30 km dari Ibu Kota Kabupaten arah Banda Aceh. Data yang dikumpulkan adalah data sekunder berupa data CBR dan

data Sand Cone yang didapat dari Dinas Kimpraswil Kabupaten Bireuen dan juga data penunjang lainnya yang meliputi gambar peta provinsi, peta daerah dan peta lokasi. Dalam perencanaan suatu konstruksi jalan diusahakan untuk mampu menerima beban dari semua tekanan dan muatan yang disebabkan oleh lalu lintas yang ada di atasnya. Beban lalu lintas yang mengenai lapisan permukaan jalan akan di distribusikan ke lapisari-lapisan di bawahnya. Karena sifat gaya tersebut makin ke bawah makin menyebar, maka makin ke bawah, beban yang diterima makin kecil sehingga persyaratan material untuk lapisan bawah lebih ringan dibandingkan dengan lapisan di atasnya. Berdasarkan prinsip teori penyebaran muatan, maka konstruksi jalan dibuat atas beberapa lapisan yang terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), dan lapisan permukaan (*surface course*). Dalam hal ini, pengolahan data yang dilakukan adalah terhadap lapisan pondasi bawah (*subbase course*), dimana penelitian yang dilakukan yaitu korelasi antara nilai CBR yang didapat di lapangan dengan nilai Sand Cone hasil pengolahan di laboratorium. Untuk mengetahui kekuatan daya dukung dilapangan dari suatu lapisan perkerasan pada pembangunan jalan, perlu terlebih dahulu ditetapkan metode yang digunakan, yang lazim digunakan adalah metode CBR. Standar ini hanya menetapkan penentuan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) langsung di tempat dengan membandingkan tegangan penetrasi pada suatu lapisan/bahan tanah dengan tegangan penetrasi bahan standar. Cara uji ini digunakan untuk mengukur kekuatan struktural tanah dasar, lapis fondasi bawah dan lapis fondasi yang digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan jalan. Data lain yang harus diperoleh pada waktu dan tempat yang sama adalah kadar air dan kepadatan. Tata cara pelaksanaan pengujian sesuai dengan metoda pengujian kadar air tanah dengan alat Speedy, SNI 03-1965.1-2000 dan metoda pengujian kepadatan lapangan dengan alat konus pasir, SNI 03-2827-1992.

Metode pengujian ini meliputi persyaratan dan ketentuan-ketentuan pengujian tanah yang mempunyai partikel berbutir tidak lebih dari 5 cm. Tujuan metode ini untuk memperoleh angka kepadatan lapangan (ρ_d). Nilai Sand Cone maksimum untuk suatu jenis material dicapai bila material tersebut cukup padat. Untuk mendapatkan tingkat kepadatan yang dicapai sehingga diperoleh nilai Sand Cone maksimum, dilakukan percobaan pemadatan. Sedangkan untuk menilai kekuatan yang paling rendah yang dapat terjadi pada material dalam hubungannya dengan kemampuan mendukung beban, maka sebelum dilakukan pengujian nilai, sampel direndam selama empat hari agar tanah dalam keadaan jenuh air. Dengan cara ini diharapkan dapat sesuai dengan keadaan di lapangan.

Uji korelasi adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel yang datanya kuantitatif. Selain dapat mengetahui derajat keeratan hubungan korelasi juga dapat digunakan untuk mengetahui arah hubungan dua variabel numerik. Dalam penelitian, sering kali kita ingin mengetahui ada tidaknya hubungan diantara variabel-variabel yang kita amati, atau ingin mengetahui seberapa besar derajat keeratan hubungan diantara tabel-variabel tersebut. Analisis korelasi merupakan studi yang membahas tentang derajat keeratan hubungan antara dua atau lebih tabel pengamatan. Pada umumnya besar kecilnya hubungan dinyatakan dengan bilangan. Bilangan yang menyatakan

besar kecilnya hubungan tersebut disebut koefisien hubungan atau koefisien korelasi. Koefisien korelasi itu berkisar antara 0,00 dan +1,00 (korelasi positif) dan atau diantara 0,00 sampai -1,00 (korelasi negatif), tergantung pada arah hubungan positif ataukah negatif. Koefisien yang bertanda positif menunjukkan bahwa arah korelasi tersebut positif, dan koefisien yang bertanda negatif menunjukkan arah korelasi yang negatif. Sedangkan koefisien yang bernilai 0,00 menunjukkan tidak adanya korelasi antara variabel X dan Y. Bila mana dua variabel mempunyai koefisien korelasi sebesar +1,00 maka berarti bahwa dua variabel tersebut mempunyai korelasi positif yang sempurna. Sebaliknya bilamana dua variabel mempunyai koefisien korelasi -1,00, maka berarti dua variabel tersebut memiliki korelasi negatif yang sempurna. Korelasi yang sempurna semacam itu sangat jarang sekali dijumpai dalam praktik penyelidikan/penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Nilai CBR (*California Bearing Rasio*)

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 Bawah (*subbase course*) yang sesungguhnya di lapangan, maka diperlukan pemeriksaan nilai CBR lapangan. Pemeriksaan nilai CBR lapangan dilakukan pada Sta.1+050 s/d 6+450 dengan jumlah 28 titik dan jarak antara titik pemeriksaan satu ke titik pemeriksaan kedua berjarak 200 meter. Dalam perhitungan tebal dari masing-masing lapisan perkerasan diperlukan suatu harga CBR rata-rata dari lapisan di bawah subbase, sehingga tebal perkerasan pada suatu ruas jalan tidak bervariasi. Dapat dilihat pada grafik hubungan antara nilai CBR dan Sand Cone, nilai CBR rata-rata lapisan pondasi bawah diperoleh sebesar 62,48%.

4.2 Nilai 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 2.081 *gr/cm³*. Pada keadaan tersebut diperoleh derajat kepadatan rata-rata sebesar 100,73% dari yang disyaratkan. Nilai Sand Cone maksimum dicapai bila material tersebut dalam keadaan padat. Dari hasil tes di laboratorium terhadap komposisi material sub base course yang digunakan di lapangan. Diperoleh nilai derajat kepadatan rata-rata 100,73% atau 60,44%. Harga Sand Cone tersebut memenuhi persyaratan yang ditetapkan Bina Marga untuk subbase course pada Peningkatan Jalan Propinsi Kelas B yaitu sebesar 60%.

4.3 Hubungan Kepadatan Dengan Kadar Air

Kadar air yang dikandung agregat perlu diketahui, hal ini disebabkan kadar air sangat menentukan pada proses pemadatan, dalam hal ini proses pemadatan akan berjalan baik jika pemberian air sesuai. Untuk mengetahui besar kecilnya pengaruh air tersebut diperlukan serangkaian pengujian batas Atterberg

yang meliputi pengujian batas cair dan batas plastis. Angka yang diperoleh dari batas Atteberg ini akan menunjukkan sampai di mana material terpengaruh oleh kehadiran air. Dari hasil tes di laboratorium kadar air 6.1% menghasilkan derajat kepadatan 100.4% dan ada juga yang kadar airnya 6.4% menghasilkan derajat kepadatan 99.8 %, maka dari data tersebut menunjukkan bahwa dengan kadar air yang tinggi belum tentu menghasilkan derajat kepadatan yang tinggi, begitu juga dengan kadar air yang rendah belum tentu menghasilkan derajat kepadatan yang rendah pula. Dari hasil pemeriksaan tidak semua titik sama kadar air dan derajat kepadatannya, kadar air yang dipakai pada saat pemadatan sangat terpengaruh terhadap kepadatannya.

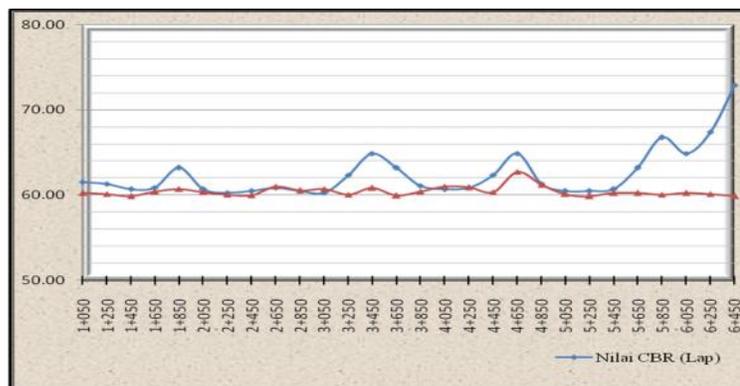
4.4 Hubungan Nilai CBR Dengan Nilai Sand Cone

Berdasarkan hasil dilapangan dan laboratorium menunjukkan hasil yang baik, yang ditandai dengan memenuhinya spesifikasi yang disyaratkan untuk untuk sub base course seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai CBR dan Sand Cone

| | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-----------------|-------|
| STA | 1+050 | 1+250 | 1+450 | 1+650 | 1+850 | 2+050 | 2+250 | 2+450 | 2+650 | 2+850 |
| CBR | 61,53 | 61,32 | 60,69 | 60,90 | 63,21 | 60,69 | 60,27 | 60,48 | 60,90 | 60,48 |
| Sand Cone | 60,24 | 60,12 | 59,88 | 60,42 | 60,72 | 60,36 | 60,06 | 60,00 | 61,02 | 60,54 |
| STA | 3+050 | 3+250 | 3+450 | 3+650 | 3+850 | 4+050 | 4+2050 | 4+450 | 4+650 | 4+850 |
| CBR | 60,27 | 62,37 | 64,89 | 63,21 | 61,11 | 60,69 | 60,90 | 62,37 | 64,89 | 61,32 |
| Sand Cone | 60,72 | 60,06 | 60,84 | 59,94 | 60,42 | 61,00 | 60,91 | 60,37 | 62,71 | 61,21 |
| STA | 5+050 | 5+250 | 5+450 | 5+650 | 5+850 | 6+050 | 6+250 | 6+450 | Nilai Rata-rata | |
| CBR | 60,48 | 60,48 | 60,69 | 63,21 | 66,78 | 64,89 | 67,41 | 72,87 | 62,48 | |
| Sand Cone | 60,12 | 59,88 | 60,24 | 60,24 | 60,06 | 60,24 | 60,12 | 59,88 | 60,44 | |

Dari data pada tabel masing – masing nilai di atas tersebut, maka dapat kita buat grafik hubungan antara nilai CBR dan nilai Sand Cone sebagai berikut:



Gambar 1 Graik hubungan antara CBP dan Sand Cone

Dari nilai masing-masing pengujian menunjukkan bahwa nilai CBR lebih besar dari pada nilai Sand Cone, hal ini juga dapat dilihat pada tabel dan grafik di atas yang mana pada 5 (lima) titik terakhir tes juga terdapat perbedaan yang cukup besar, pada nilai Sand Cone ada 4 (empat) titik nilai dibawah yang disyaratkan. Tetapi setelah dirata-ratakan nilainya juga memenuhi seperti yang disyaratkan, maka nilai CBR dan nilai Sand Cone tersebut dinyatakan dapat memenuhi nilai ketentuan yang disyaratkan.

Dari nilai CBR dan Nilai Sand Cone juga dapat dilakukan Pengujian Korelasi Product Moment, namun dalam hal ini pengujian dilakukan terhadap 12 titik pengujian seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Perhitungan Nilai CBR dan Sand Cone

| No. | Sta. | Nilai CBR (X) | Nilai Sand Cone (Y) | XY | X ² | Y ² |
|-----|-------|---------------|---------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 1+050 | 61.53 | 60.24 | 3706.57 | 3785.94 | 3628.86 |
| 2 | 1+450 | 60.69 | 59.88 | 3634.12 | 3683.28 | 3585.61 |
| 3 | 2+050 | 60.69 | 60.36 | 3663.25 | 3683.28 | 3643.33 |
| 4 | 2+450 | 60.48 | 60.00 | 3628.80 | 3657.83 | 3600.00 |
| 5 | 3+050 | 60.27 | 60.72 | 3659.59 | 3632.47 | 3686.92 |
| 6 | 3+450 | 64.89 | 60.84 | 3947.91 | 4210.71 | 3701.51 |
| 7 | 4+050 | 60.69 | 61.00 | 3702.21 | 3683.28 | 3721.23 |
| 8 | 4+450 | 62.37 | 60.37 | 3765.28 | 3890.02 | 3644.54 |
| 9 | 5+050 | 60.48 | 60.12 | 3636.06 | 3657.83 | 3614.41 |
| 10 | 5+450 | 60.69 | 60.24 | 3655.97 | 3683.28 | 3628.86 |
| 11 | 6+050 | 64.89 | 60.24 | 3908.97 | 4210.71 | 3628.86 |
| 12 | 6+450 | 72.87 | 59.88 | 4363.46 | 5310.04 | 3585.61 |
| | | X = 750.54 | Y = 723.89 | XY = 45272.17 | X ² = 47088.66 | Y ² = 43669.74 |

Dari hasil pengujian korelasi terhadap nilai rata – rata antara CBR dan Sand Cone diperoleh nilai korelasi sebesar -0,225. Berdasarkan tabel 2.6 koefisien korelasi menunjukkan tingkat hubungan yang negatif antara nilai CBR dan Sand Cone. Jika dikonsultasikan dengan t tabel dengan dk (n-2) = 10, pada $\alpha = 0,05$ diperoleh t tabel 2,228 maka t hitung lebih kecil dari t tabel (- 0,730 < 2,228). Jadi dapat disimpulkan Ho diterima H1 ditolak.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai Koefisien Determinasi, diperoleh nilai kontribusi variabel X terhadap Y adalah sebesar 5,1%. Nilai 5,1% menunjukkan bahwa CBR memberikan nilai kontribusi sangat kecil yaitu sebesar 5,1% terhadap Sand Cone, dan sisa sebesar 94,9% menunjukkan bahwa ada variabel lain yang mempengaruhi.

5. Kesimpulan dan Saran

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 sub base course memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, hal ini ditandai dengan tercapainya nilai CBR rata - rata dan

nilai Sand Cone rata-rata yaitu 62,45% dan 60,44%, karena spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga untuk Sub Base Course Peningkatan Jalan Propinsi Klas B adalah 60%.

2. Semakin tinggi nilai kepadatan maka semakin tinggi pula nilai daya dukung tanah yang didapat, hal ini apabila lapisan tanah dasar (sub grade) sudah benar-benar padat.
3. Dari hasil pengujian korelasi terhadap nilai rata-rata antara CBR dan Sand Cone diperoleh nilai korelasi sebesar -0,225. Hal ini menunjukkan tingkat hubungan yang negatif antara nilai CBR dan Sand Cone.

5.1 Saran

Saran yang dapat diberikan perlu pengawasan yang lebih teliti di lapangan saat pelaksanaan pembuatan lapis sub base, karena dalam pelaksanaan material sub base hampir sama dengan base. Mengingat keterbatasan waktu, untuk selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk tujuan pengembangan materi pembelajaran bagi akademisi.

Daftar Kepustakaan

- Ashford, N & Paul H.Wright, 1979, *Airport Engineering*, John Wiley & Sons Inc, Canada
- Bowles,J.E, 1986, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Terjemahan Hainim J,K, Erlangga, Jakarta.
- 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.