

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam rangka akselerasi pembangunan infrastruktur sebagai pendukung transformasi industrialisasi dalam merespon revolusi industri 4.0 Kementerian Pekerjaan umum pada tahun 2020 menargetkan pembangunan jalan sepanjang 837 km, nilai tersebut naik 2 kali lipat pada tahun sebelumnya yang hanya 406 km.

Demikian pentingnya kebutuhan akan sarana transportasi jalan, maka harus diimbangi oleh kemampuan konstruksi jalan dalam menerima beban lalu lintas. Salah satu upaya untuk meningkatkan kemampuan konstruksi jalan untuk dapat mendukung beban lalu lintas kendaraan adalah dengan mengganti (mensubstitusi) dengan bahan lain.

Berbeda dengan struktur pada bangunan gedung yang lebih mengacu pada prinsip kekuatan struktur, sementara pada konstruksi jalan lebih banyak mengacu pada teori elastisitas untuk struktur semi padat. Struktur perkerasan jalan lentur (flexibel pavement) terdiri dari sub-grade, sub-base course, base course dan surface course. Masing-masing elemen lapisan pada struktur perkerasan lentur bersama-sama memikul beban lalu lintas. Oleh karena itu kekuatan dan keawetan perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat bahan penyusunnya.

Konstruksi lapis pondasi atas (base course) harus dipersiapkan secara khusus agar didapatkan lapisan base course yang berfungsi dengan baik. Oleh karena itu elemen Lapisan pondasi atas konstruksi jalan merupakan salah satu faktor yang sangat berperan dalam menentukan kestabilan (kekuatan) dari struktur jalan. Besaran nilai daya dukung lapis pondasi atas sangat dipengaruhi (ditentukan) oleh besar atau kecilnya nilai CBR dari lapis tersebut.

Beberapa tahun terakhir dalam bidang konstruksi jalan telah memanfaatkan abu semen padi sebagai campuran dalam stabilisasi tanah. semen dapat mengisi rongga-rongga yang ditinggalkan di antara butiran-butiran agregat yang mengisi campuran suatu struktur jalan termasuk struktur terbawah yaitu *sub base*.

Pentingnya pengendalian mutu dan informasi bahan jenis bahan lain berupa abu sekam dalam mendisain struktur lapis *base course* pada pekerasan jalan lentur seperti pada uraian diatas, menjadi kajian utama yang diangkat menjadi judul Tugas Akhir (Skripsi) ini, yaitu ”**KORELASI NILAI INDEKS PLASTIS TERHADAP NILAI CBR LAPIS AGREGAT KELAS A DENGAN SUBSTITUSI FILLER SEMEN**”

1.2. Rumusan Masalah

Dalam pelaksanaan Penelitian ini dengan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik campuran bahan lapis pondasi agregat kelas A menggunakan filler semen?
2. Berapaa rentang nilai Indeks Plastis base A dengan substitusi filler semen
3. Berapa Nilai CBR (*California Bearing Ratio*) maksimum campuran bahan lapis pondasi Agregat kelas A menggunakan filler semen?.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menemukan karateristik campuran bahan lapis pondasi agregat kelas A menggunakan filler semen
2. Mengetahui rentang nilai indeks plastis base A dengan substitusi filler semen
3. Mengetahui nilai CBR (*California Bearing Ratio*) maksimum campuran bahan lapis pondasi agregat kelas A menggunakan filler semen

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian Pengaruh penggunaan filler Semen terhadap nilai CBR Campuran Agregat Base A yaitu :

1. Mengetahui nilai CBR campuran agregat kelas A dengan menggunakan filler semen dan sebagai acuan bagi masyarakat dalam pembangunan infrastruktur jalan di Rokan Hulu.
2. Sebagai bahan tambahan pembelajaran khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca

1.5. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah, Maka dalam penyusunan skripsi ini penulis membatasi penelitian ini :

1. Pengujian bahan penyusun agregat kasar dan agregat halus menggunakan standart ASTM, AASHTO, atau SNI
2. Pengujian Semen menggunakan standart ASTM, AASHTO atau SNI
3. Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah ukuran maks 3/4 dan 1/2 inchi
4. Agregat halus pasir saring..
5. Rancangan campuran agregat kelas A menggunakan rujukan SNI 2417:2008.
6. Metode pengujian CBR laboratorium menggunakan rujukan SNI 1744:2012.
7. Penelitian ini sebatas mengkaji pengaruh semen sebagai filler campuran agregat kelas A.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Sebagai dasar penelitian ini, Digunakan beberapa penelitian mengenai pengaruh campuran pengganti Filler terhadap nilai *CBR* agregat kelas A. Penelitian tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Hamzani, 2011. Melakukan penelitian Pengaruh Variasi Filler terhadap Nilai kepadatan untuk agregat pasir kasar. Penelitian ini untuk menyelidiki pengaruh variasi filler terhadap nilai kepadatan dan daya dukung perkerasan dari agregat pasir kasar. Dengan cara memvariasikan filler dari agregat pasir kasar bergradasi rapat dengan tingkat kepadatan berapa didapatkan daya dukung maksimum. Tahapan-tahapan penelitian yaitu pertama dengan melakukan percobaan pemadatan dengan *Modified Proctor* dan dilanjutkan percobaan *CBR* berdasarkan kadar air optimum yang didapat dari percobaan pemadatan. Komposisi filler yaitu 5%, 7%, 9%, 11% dan 13% terhadap berat total campuran. Rancangan benda uji kepadatan masing-masing variasi filler adalah variasi kadar air yaitu 6%, 7%, 8%, 9% dan 10%, sehingga jumlah benda uji $5 \times 5 = 25$ buah. Dari hasil pengujian kepadatan diperoleh pada kadar filler 5,% didapat kadar air optimum 7,30% dengan berat isi kering (γ_d) maksimum 2,788 gr/cm³. Selanjutnya pengujian *CBR* pada setiap variasi filler dan tertinggi pada filler 9% dengan kadar air optimum 7,85% didapat nilai *CBR* laboratorium 86,66%. Dari hasil di atas terlihat nilai *CBR* maksimum tidak terjadi pada campuran dengan tingkat kepadatan optimum
2. Irma Wirantika Kustrantika, 2017. Melakukan penelitian Stabilisasi Tanah Rawa menggunakan limbah gergaji kayu dan serbuk limbah botol kaca terhadap peningkatan nilai *CBR*. Tanah rawa yang memiliki perilaku

tidak stabil diperlukan adanya usaha untuk memperbaikinya. Salah satu usaha perbaikan tanah rawa secara kimiawi dapat dilakukan dengan memanfaatkan kembali limbah gergaji kayu dan limbah botol kaca sebagai bahan stabilisasi. Limbah gergaji kayu di daur ulang dengan dibakar sehingga menjadi abu dan limbah botol kaca didaur ulang dengan cara dihancurkan sehingga menjadi serbuk. Abu limbah gergaji kayu dan serbuk limbah botol kaca berfungsi sebagai bahan pengisi (filler) dan bahan pengikat (binder) pada tanah rawa. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai persentase optimum penambahan abu limbah gergaji kayu dan serbuk limbah botol kaca pada tanah rawa dengan campuran 10% abu limbah gergaji kayu dan 10% serbuk limbah botol kaca dengan lama pemeraman 7 hari dengan nilai CBR sebesar 4,5325%. Hal ini menunjukkan bahwa tanah dengan nilai CBR tersebut (CBR 3% - 7%) dapat digunakan sebagai lapisan subgrade untuk jalan perumahan atau jalan lokal dengan lalu lintas rendah.

3. Tengku Syahilla Indriyati, Alfian Malik, Yosi Alwinda, 2019. Melakukan penelitian Kajian Pengaruh Pemanfaatan Limbah Faba (Fly Ash dan Bottom Ash) pada kontruksi lapisan Base perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti perilaku dan kelayakan abu sekam jika dijadikan bahan pengisi pada campuran aspal emulsi bergradasi rapat (CEBR). Dalam penelitian ini CEBR yang dipakai adalah CEBR tipe III sesuai spesifikasi dari Bina Marga. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini berupa nilai-nilai karakteristik dari CEBR seperti densitas kering dan basah, stabilitas kering dan basah, flow, VMA, dsb. Untuk mengetahui karakteristik dan kinerja pemakaian bahan penyusun CEBR tipe III, dilakukan pengujian *Modified Marshall test*. Pembuatan campuran berdasarkan spesifikasi khusus Bina Marga 1991, *The Asphalt Institute*, 1979 (*MS.19*). Uji yang dibutuhkan meliputi antara lain: 1) Uji cold mix I untuk menentukan kadar air penyelimutan, 2) Uji cold mix II untuk menentukan kadar air pemadatan, 3) Uji *Cold mix III* untuk menentukan kadar aspal optimum, dan 4) Uji Cold mix IV untuk menentukan kadar

filler optimum. Variasi kadar aspal yang digunakan adalah 8, 9, 10, dan 11 %, sementara variasi kadar filler yang digunakan adalah 4, 4,5 dan 5,5 %. Hasil uji *cold mix III* untuk *job mix formula* mulai dari kadar aspal emulsi 8 % sampai 11 %, diperoleh kadar aspal emulsi optimum pada nilai 9 %. Adapun hasil penelitian pada *cold mix IV*, untuk variasi kadar filler 4,5 % sampai 5,5 %, diperoleh kondisi optimum pada saat kadar *filler* 4,5 %. Dapat disimpulkan bahwa CEBR dengan bahan *filler* abu sekam akan optimum pada saat kadar *filler* mencapai 4,5 % dan kadar aspal emulsi mencapai 9 %. Secara keseluruhan nilai parameter kinerja CEBR *filler* abu sekam dalam kondisi baik.

4. Adwiyah Asyifa, Syafiul Umam, 2016. Melakukan penelitian Pengaruh substitusi Abu Batu (*Quary Dust*) pada nilai CBR laboratorium untuk stabilitas Subgrade Timbunan. Tambang debu (*dust mine*) adalah bahan non-plastik dari sisa mesin penghancur batu tambang dalam kisaran ukuran 0 - 5 mm. Produksi debu tambang di Indonesia sangat berlimpah. Penghancur batu dalam pekerjaan maksimum dapat menghasilkan debu tambang hingga 4 ton per jam. Penggunaan debu tambang saat ini masih kurang optimal, hanya digunakan sebagai pengisi pada lapisan permukaan perkerasan. Oleh karena itu, dibutuhkan lebih banyak inovasi dalam penggunaan debu tambang untuk menyeimbangkan antara produk dan penggunaan. Debu tambang dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah adalah upaya rekayasa untuk meningkatkan kualitas tanah menjadi cukup baik. Dalam desain struktur perkerasan, kadang-kadang basis tanah dasar memiliki nilai CBR yang buruk, tingkat CBRnya rendah dan harus diganti, diperbaiki, atau dilakukan stabilisasi tanah. Studi eksperimental ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Teknologi Yogyakarta. Objek penelitian adalah kadar air tanah dan kepadatan tanah untuk menentukan kadar air tanah (OMC) yang optimal. Jumlah air ini akan ditambahkan ke dalam campuran debu batu (*quarry dust*). Ada lima variasi campuran debu tambang, 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dan uji variasi akan menua selama 48 jam. Berdasarkan hasil, itu

menunjukkan bahwa 5% debu tambang ditambahkan ke campuran akan memberikan CBR optimal sebesar 26,20%. Jumlah itu merupakan peningkatan 19,01% dari desain CBR tanah asli sebesar 22%.

5. Yayuk Apriyanti, Roby hambali, 2014. Melakukan penelitian Pemanfaatan Fly Ash untuk meningkatkan Nilai CBR tanah dasar. Tanah dasar merupakan pondasi bagi perkerasan jalan, baik perkerasan yang terdapat pada jalurlalu-lintas maupun bahu jalan. Sebagai pondasiperkerasan, harus mempunyai kekuatan atau daya dukung terhadap beban kendaraan. Tanah dasar yang mempunyai kekuatan yang rendah akan mengakibatkan perkerasan mudah mengalami deformasi dan retak. Berdasarkan klasifikasi tanah dari AASHTO dapat diketahui bahwa salah satu jenis tanah dasar yang dukungnya rendah adalah jenis tanah lempung. Sebagian tanah di daerah Pulau Bangka jenis tanahnya adalah tanah lempung. Salah satu parameter untuk mengetahui tanah dasar tersebut baik atau tidak dapat dilihat dari daya dukung tanah (kekuatan tanah) yaitu dengan pengujian CBR. Tanah dasar yang kurang baik daya dukung tanahnya memiliki nilai CBR yang rendah. Salah satu cara untuk memperbaikinya adalah dengan stabilisasi kimiawi menggunakan bahan fly ash yang didapat dari hasil pembakaran batu bara oleh perusahaan smelter yang tersedia cukup banyak di Pulau Bangka. Untuk memanfaatkan fly ash ini, maka dilakukanlah penelitian mengenai pemanfaatan fly ash yang digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah, dalam hal ini untuk meningkatkan nilai CBR tanah dasar dengan menggunakan variasi fly ash 10%, 13% dan 16% dan umur pemeraman 1, 7,14 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah lempung jenis A-7-6 mengalami peningkatan nilai CBR seiring dengan penambahan prosentase fly ash serta lamanya umur pemeraman. Peningkatan nilai CBR maksimum terjadi pada Prosentase fly ash 16% umur 28 hari dengan nilai CBR sebesar 15,1%. Prosentase peningkatan nilai CBR sebesar 202 % dari tanah A-7-6 tanpa campuran (tanah asli).

2.2. Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian di peruntukan sebagai bukti agar tidak adanya plagiarisme antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang di laksanakan. Setelah membaca hasil penelitian terdahulu sebagai mana tersebut di atas terdapat beberapa perbedaan dengan penelitian yang akan saya lakukan, antara lain :

1. Sumber bahan agregat kasar berupa batu pecah ukuran maks $\frac{3}{4}$ dan $\frac{1}{2}$ inchi.
2. Bahan substitusi filler berupa semen
3. Waktu pelaksanaan penelitian

BAB III

LANDASAN TEORI

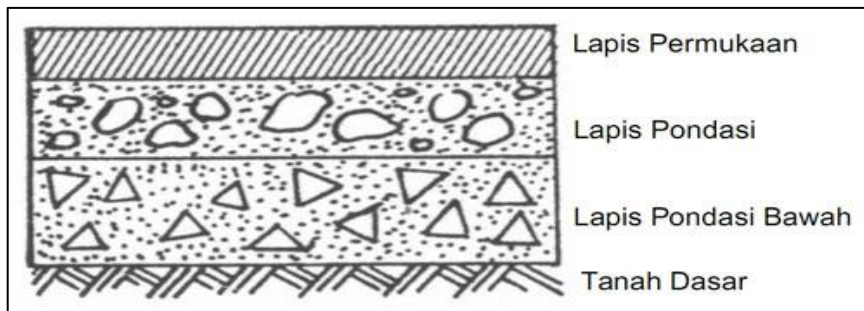
3.1. Umum

Berbeda dengan konstruksi bangunan gedung yang lebih banyak mengacu pada prinsip kekuatan struktur material padat, persyaratan konstruksi jalan lebih banyak mengacu pada teori elastistas untuk struktur semi padat (*Saodang Hamirham, Buku 2 Perkerasan Jalan*).

Struktur pekererasan jalan lentur (*flexibel pavement*) terdiri dari beberapa lapis elemen, yaitu elemen tanah dasar (*sub grade*), pondasi bawah (*sub base*), pondasi atas (*base course*) dan lapis permukaan (*surface*). Pada pekerasan kaku (*Rigid Pavement*) terdiri dari elemen tanah dasar (*sub grade*), pondasi bawah (*sub base*) dan plat Beton.

3.2. Struktur Perkerasan Lentur

Struktur perkerasan lentur (*flexibel pavement*) dibuat secara berlapis, masing-masing elemen termasuk tanah dasar (*sub grade*) secara bersama-sama memikul beban lalu lintas. Pada Gambar Tipikal Struktur Perkerasan Jalan Lentur.



Gambar 3.1. struktur lapis *flexible Pavement*

Sumber. <https://dpupr.grobogan.go.id>

Fungsi dari lapisan-lapisan pada perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

- 1) Subgrade menyediakan tanah dasar yang kuat bagi bangunan konstruksi perkerasan, dengan dikontrol oleh pemadatan (*compaction*). *Subgrade* sangat berpengaruh dalam perencanaan struktur di atasnya dan mempengaruhi umur konstruksi perkerasan. Subgrade dibentuk dengan 2 cara yang berbeda yaitu berupa timbunan (*filling*) atau dalam pemotongan tanah (*cutting*). Material pembentuk subgrade adalah tanah dan setelah dipadatkan harus mempunyai CBR \geq 6% dan nilai PI \leq 10%. (CBR = California Bearing Ratio dan PI = Plasticity Index).
- 2) *Sub-base* merupakan bagian dari konstruksi perkerasan yang berfungsi untuk mendukung dan menyebarkan beban roda. Sub-base juga dipergunakan untuk mencapai efisiensi dalam penggunaan material karena harga materialnya murah sehingga lapisan-lapisan lain dapat dikurangi tebalnya (untuk penghematan konstruksi). Sub-base juga sebagai lapis pertama dalam pembangunan jalan, berfungsi agar pelaksanaan pekerjaan berikutnya dapat berjalan lancar. Material pembentuk sub-base biasanya tanah (*selected embankment*) yang mempunyai CBR $>$ 20% dan PI $<$ 10%. Material lain sirtu maupun batu pecah.
- 3) *Base* berfungsi sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda dan sebagai perletakan terhadap lapis permukaan. Material pembentuk lapisan base adalah dari agregat batu pecah dengan CBR $>$ 50% dan PI $<$ 4%.
- 4) *Surface* berfungsi sebagai bagian perkerasan yang menahan langsung beban roda, juga berfungsi sebagai lapis kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca. Fungsi lain adalah menyediakan permukaan yang halus (*riding comfort*) dan tahanan terhadap selip (*skid resistance*). Bahan pembentuk lapisan *surface* adalah campuran agregat aspal (aspal beton) yang mempunyai nilai MS \geq 744 kg. (MS = Marshall Stability).

Fungsi dari lapisan-lapisan pada perkerasan kaku:

- 1) Subgrade fungsinya sama seperti lapisan perkerasan lentur.
- 2) Sub-base fungsinya juga sama seperti pada perkerasan lentur hanya material pembentuknya biasanya agregat atau sirtu. Karena material tersebut dapat mengalirkan air.

- 3) Beton B-0 berfungsi sebagai lapis perata guna perletakan lapis di atasnya. Saat ini pada pelaksanaan pekerjaan beton B-0 sudah diganti dengan beton K-125, hanya sebutannya masih menggunakan nama beton B-0.
- 4) *Concrete slab* mempunyai fungsi utama sebagai penahan dan penyebar beban roda kendaraan. Material utama concrete slab adalah beton dengan FS minimal 45 kg/cm² pada umur 28 hari atau diatas K-375. (FS = *flexural strength*, tegangan lentur).
- 5) *Bituminous Surfacing* dapat berupa aspal beton atau sand sheet, keberadaannya kadang ada kadang tidak. Bila ada maka kegunaannya sebagai riding comfort yaitu suara ban terdengar dari dalam kendaraan lebih pelan (terredam) dari pada tanpa lapisan ini.

3.3. Komponen Perkerasan Lentur (*Flexibel Pavement*)

3.3.1. Tanah dasar (subgrade)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Menurut Spesifikasi, tanah dasar adalah lapisan paling atas dari timbunan badan jalan setebal 30 cm, yang mempunyai persyaratan tertentu sesuai fungsinya, yaitu yang berkenaan dengan kepadatan dan daya dukungnya (CBR).

3.3.2. Lapisan Pondasi Bawah (Subbase Course)

Lapis pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak di atas lapisan tanah dasar dan di bawah lapis pondasi atas.

Lapis pondasi bawah ini berfungsi sebagai :

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- c. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

3.3.3. Lapisan pondasi atas (base course)

Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan.

Lapisan pondasi atas ini berfungsi sebagai :

- a. perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
- b. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

3.3.4. Lapisan Permukaan (Surface Course)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan.

Lapisan permukaan ini berfungsi sebagai :

- a. Lapisan yang langsung menahan akibat beban roda kendaraan.
- b. Lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan (lapis aus).
- c. Lapisan yang mencegah air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan di bawahnya.

3.4. Agregat

Agregat merupakan partikel mineral yang digunakan sebagai bahan campuran pada berbagai jenis campuran melekat seperti beton, pondasi dasar jalan, campuran aspal, dan lain-lain (**Atkins, H.N., PE., 1997**). Agregat merupakan komponen pokok dalam perkerasan aspal bahkan persentasenya mencapai 90%-95% dari berat keseluruhan campuran atau sekitar 77%-85% terhadap persentase volume (**Mutohar, Y., 2002**).

Kualitas suatu agregat sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat yang dikandungnya. Diantara sifat-sifat yang ada yaitu *strength* atau kekuatan, *durability* atau keawetan, *adhesiveness* atau daya rekat terhadap aspal dan *workability* atau kemudahan dalam pelaksanaan.

Sifat kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) dipengaruhi oleh gradasi, kadar lumpur, kekerasan (*hardness*) dan bentuk butir (*shape-grain*). Gradasi merupakan ukuran luar dari agregat dan dibedakan menjadi agregat kasar, sedang dan halus menurut ukuran individu-nya atau dibedakan menjadi agregat seragam (*uniform graded*), gradasi rapat (*dense graded*) dan gradasi jelek (*poorly graded*) menurut kelompoknya (**Krebs, D.R. and Walker, D.R., 1971**).

Gradasi yang baik, seragam dan seimbang dapat meningkatkan kekuatan dan keawetan karena rongga yang dibentuk mudah dimasuki oleh *filler* sehingga

kerapatan-nya meningkat akibat tidak ada rongga yang kosong begitu saja. Kadar lumpur dapat mempengaruhi kekuatan campuran karena agregat dengan kadar lumpur tinggi akan memiliki daya rekat yang rendah. Karenanya keberadaan lumpur perlu dihilangkan dari agregat saat hendak dilakukan pencampuran dengan bahan perekat lain.

Sedangkan kekerasan dan bentuk butir akan mempengaruhi kekuatan dari sisi peningkatan ketahanan akibat tekanan beban dan peningkatan gaya geser antar agregat. Gaya geser yang baik pada dasarnya akan meningkatkan keuletan saling kunci antar partikel sehingga menambah kekuatan campuran.

Sifat *adhesiveness* atau kemampuan dilapisi aspal dipengaruhi oleh porositas dan bentuk batuan. Porositas memungkinkan molekul-molekul air menyusup ke dalam tubuh agregat melalui kemampuan serap mikroskopis (*absorption*). Agregat bersisi runcing biasanya lebih mudah memicu pecahnya film bahan pengikat yang mengakibatkan rendahnya kemampuan penyelimutan (*stripping*). Sebaliknya, agregat bulat mempunyai kemampuan yang kuat dalam penyelimutan (*anti stripping*) karena tidak mudah memicu pemecahan film bahan perkat.

Sifat kemudahan pencampuran (*Workability*) atau dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*) dan kondisi agregat. Tahanan geser berhubungan dengan nilai kekesatan yang dipengaruhi oleh tekstur, nilai abrasi, kadar aspal. Agregat dengan mikro tekstur yang tinggi dan nilai abrasi yang rendah mempunyai nilai kekesatan yang tinggi yang mengakibatkan tahanan geser yang kuat.

3.4.1. Jenis-Jenis Agregat

Agregat secara umum dibedakan menurut ukurannya. Paling tidak ada jenis ukuran agregat yaitu (Atkins, H. N., PE, 1997):

- a. Agregat kasar yaitu agregat yang tertahan saringan ukuran No.8. Agregat ini berukuran lebih besar dari 2,36 mm.
- b. Agregat halus yaitu agregat yang berukuran antara 2,36 mm (lolos saringan No.8) dan 75 μm (tertahan saringan No.200).

c. Agregat sangat halus adalah agregat yang lebih kecil dari 75 μm atau lolos saringan No.200. Agregat sangat halus biasanya berfungsi sebagai *filler*.

Pengukuran agregat biasanya menggunakan saringan dengan ukuran lubang tertentu dan ukuran agregat ditentukan menurut persen tertahan atau lolos dari masing-masing saringan. Ukuran saringan yang umum dipakai menggunakan standar AASHTO.

3.5. Semen

Semen secara umum merupakan suatu bahan perekat yang dapat menyatukan benda padat menjadi satu kesatuan yang kokoh, yang terdiri dari senyawa Oksida Calcium dengan Oksida Silika. Semen umumnya berbentuk tepung dengan warna. Jenis dan tipe semen bermacam-macam tergantung dari jenis bahan penyusun serta kegunaan dalam konstruksi bangunan.

Jika dalam pemakaiannya harus ditambah air, maka semen disebut semen hidrolis. Semen adalah perekat suatu yang berbentuk halus jika ditambah dengan air akan terjadi reaksi hidrasi dan dapat mengikat bahan-bahan padat menjadi suatu kesatuan massa yang kokoh.

Ordinary Portland Cement (OPC) adalah semen Portland yang dipakai untuk segala macam konstruksi apabila tidak diperlukan sifat-sifat khusus, misalnya ketahanan terhadap sulfat, panas hidrasi, dan sebagainya. Semen PPC (*Portland Composite Cement*) merupakan turunan oleh semen OPC yang bahan baku pembuatannya sama dengan bahan baku OPC tetapi pada tipe semen PPC ditambahkan pula aditif selain pypsum ada zat aditif lain yang ditambahkan yang tidak terdapat pada semen OPC yaitu: Lime stone, Fly Ash, dan Trass.

Semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan yang kompak. Semen di kelompokkan menjadi 2 (dua) jenis yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis.

Semen hidrolis adalah suatu bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air. Contohnya seperti *cemen*

Portlant, semen putih dan sebagainya, sedangkan semen non-hidrolis adalah semen yang tidak dapat stabil dalam air.

cemen Portlant adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mencampurkan batu kapur yang mengandung kapur (CaO) dan lempung yang mengandung silica (SiO₂), oksida alumina (Al₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃) dalam oven dalam suhu kira-kira 145°C sampai menjadi klinker. Klinker ini dipindahkan, digiling sampai halus disertai penambahan 3-5% gips untuk mengendalikan waktu pengikat agar tidak berlangsung terlalu cepat (Aman Subakti, 1994). Dalam semen Portlant ini terdapat susunan senyawa semen yang berfungsi sebagai berikut:

1. C₃S=3 CaO.SiO₂ (Tri-kalsium Silikat) mempunyai andil yang besar terhadap fungsi sebagai perekat dan dapat mengeras jika bereaksi dengan air sehingga dapat mengikat kekatatan tekan.
2. C₂S=2 CaO.SiO₂ (Di-kalsium Silikat) berfungsi sama dengan C₃S..
3. C₃A=3 CaO.Al₂O₃ (Tri-kalsium Aluminat) dalam semen portlant tidak berfungsi sebagai perekat. Senyawa ini hanya berfungsi sebagai fluks (bahan pelebur) sewaktu masih ada dalam tungku pembakarannya, sehingga akan mudah terbentuk senyawa C₃S dan C₂S.
4. C₂AF=4 CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃ (Tetra Alumineferrit) berfungsi sama seperti C₃A serta andil terhadap warna semen.
5. Gips= CaSO₄.2H₂O berfungsi sebagai retarder atau memperlambat waktu pengerasan tepung semen port land bila bercampuur dengan air.
6. Selain itu terdapat komposisi kimia lain seperti: C=CaO, Na₂O, K₂O, dalam jumlah yang kecil.

3.5.1. Semen Sebagai Bahan Filler

Filler adalah kumpulan mineral yang sebagian besar lolos saringan No. 200 (75 μm). Fungsi dari *filler* adalah sebagai bahan pengisi rongga-

rongga antar agregat (kasar) yang di harapkan dapat meningkatkan kerapatan dan memperkecil permeabilitas dari campuran.

Disamping ukurannya yang harus relatif halus, bahan *filler* harus memiliki sifat-sifat tertentu seperti bersifat sementasi jika terkena air dan memiliki daya rekat yang tinggi dengan agregat lainnya (Mutohar, Y., 2002). Diantara bahan-bahan yang memiliki sifat sementasi jika terkena air dan b banyak di pakai sebagai bahan *filler* adalah abu batu (*rock ash*), abu terbang (*fly ash*), *gypsum*, *Portland cement* (PC), abu genting dan lainnya.

Tabel 3.1 Syarat gradasi bahan pengisi (*filler*)

Ukuran Saringan	% Lolos
No. 30 (0,59 mm)	100
No. 50 (0,279 mm)	95 – 100
No. 100 (0,149 mm)	90 – 100
No. 200 (0,075 mm)	65 – 100

Sumber: Bina Marga, 1995

3.6. Spesifikasi Agregat Kelas A SNI, AASHTO, ASTM

Lapisan pondasi (*Base Course*) adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat Teknik dalam spesifikasi pekerjaan.

Lapisan pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat. Oleh karena itu berdasarkan jenis bahan, pondasi dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu pondasi berbutir dengan atau campuran dan pondasi tidak berbutir (tanah) dengan campuran.

Jenis lapis pondasi yang umumnya dipergunakan di Indonesia antara lain:

- a. Agregat kelas A.

b. Agregat kelas B.

Pada umumnya lapis pondasi agregat kelas A adalah mutu lapis pondasi atas untuk suatu lapisan di bawah lapisan beraspal, dan lapis pondasi agregat kelas B adalah untuk lapis pondasi bawah. Agregat untuk lapis pondasi harus memenuhi sifat-sifat yang diberikan pada Tabel 3.2. Dan dalam menentukan campuran gradasi untuk lapis pondasi agregat harus memenuhi persyaratan gradasi seperti pada Tabel 3.2. berikut ini.

Tabel 3.2. Sifat-Sifat Lapis Pondasi Agregat

Sifat-sifat	Kelas A	Kelas B
Abrasi (SNI 03-2417-1990)	0 - 40%	0 - 40%
Indeks Plastis (SNI 1996-1990)	0 - 6	0 - 10
Hasil Kali IP dengan % lolos No 200	Maks 25	-
Batas Cair (SNI 03-1967-1990)	0% - 6%	0% - 6%
CBR (SNI 03-1744-1989)	Min 90%	Min 60%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Rev 2 , 2010

Tabel 3.3. Gradasi Agregat Lapis Pondasi

Ukuran Ayakan	Ukuran Ayakan Mm	Persen Lolos Agg Kelas A	Persen Lolos Agg Kelas B
2"	50	-	100
1 1/2"	37,5	100	88 -95
1"	25,0	79 - 85	70 - 85
3/8"	9,5	44 - 58	30 - 65
No.4	4,75	29 - 44	25 - 55
No.10	2,0	17 - 30	15 - 40
No. 40	0,425	7 - 17	8 -20
No.200	0,075	2 - 8	2 - 8

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Rev 2 , 2010

3.7. Indeks Plastis

Indeks Plastis adalah suatu kondisi dimana tanah berada antara batas cair dan batas plastis. Menurut Seta (2005) menyatakan bahwa batas cair adalah kadar

air dimana tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis sedangkan batas plastis adalah kadar air dimana tanah berubah dari keadaan plastis menjadi non plastis.

Sifat plastis ini dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung pada tanah. Indeks plastis adalah merupakan parameter yang diukur dari selisih antara batas cair tanah (LL) dan batas plastisnya (PL). Semakin besar nilai indeks plastis maka semakin besar kemungkinan tanah dalam kondisi plastis. Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesinya dapat di lihat dari tabel 3.4.

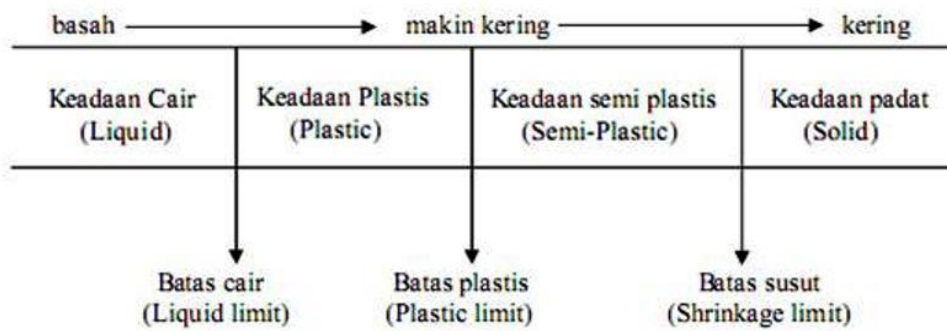
Tabel 3.4 Nilai indeks plastis dan macam tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non PLastis	Pasir	Non Kohesi
<7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesi Sebagian
7-17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesi
>7	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesi

Sumber : Hardiyatmo, H.C, 1955, *Mekanika Tanah 1*, Hal 34

3.7.1 Batas Cair (*Liquid Limid*)

Batas Cair (LL) adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Batas cair biasanya di tentukan dari pengujian *casagrade* yaitu dengan cara tanah di letakkan di dalam mangkok kuningan dan di goreskan tepat di tengah-tengahnya kemudian mangkok tersebut di ketuk-ketuk hingga tanah menyatu Kembali. Gmbar skemasi dari alat pengukur batas cair dapat di lita pada gambar 3.2. Batas-batas tersebut adalah batas cair, batas plastis dan batas sudut. Kedudukan batas konsistensi dari tanah kohesif di sajikan dalam gambar 3.2.



Gambar 3.2 Batas konsistensi tanah

Sumber : Wesley, LD, 1991, *Mekanika Tanah*, Hal 10

3.7.2. Batas Susut (*Shrinkage limit*)

Batas susut di definisikan sebagai kadar air pada kedudukan antar daerah semi padat dan padat yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanahnya.

3.7.3. Batas Lengket (*Sticky Limit*)

Batas lengket adalah kadar air dimana tanah kehilangan sifat adhesifnya dan tidak dapat lengket lagi pada benda lain.

3.7.4 Indeks Kecairan (*Liquid Index*)

Kadar air tanah dalam keadaan aslinya , biasanya terletak antara batas plastis dan batas cair. Suatu angka yang kadang-kadang dipakai sebagai petunjuk akan keadaan tanah di tempat aslinya adalah *Liquid index*.

$$LI = \frac{w-PL}{LL-PL} = \frac{w-PL}{PI}$$

Dengan;

LI = indeks kecairan (%)

LL = batas cair (%)

PL = batas plastis (%)

W = kadar air asli tanah (%)

3.8. Compaction

Ada 3 sifat bahan campuran agregat yang harus diuji dilaboratorium untuk memenuhi persyaratan bahan *base course*, yaitu:

- 1) Besarnya nilai CBR (*California Bearing Ratio*) yang bisa dicapai oleh sampel.
- 2) Nilai PI (*Plasticity Index*).
- 3) Pengujian untuk mengetahui tanah ekspansif (*determining expansive soil and remedial actions*).

Seperti dikatakan diatas bahwa derajat kepadatan diukur dalam γ_d (*dry density*). Untuk suatu usaha percobaan pemadatan, jika γ_d digambarkan sebagai ordinat berpasangan dengan kadar air (*moisture content*): w sebagai absisnya, maka pada γ_d maksimum akan terdapat w (kadar air) optimum. Dalam *theoretical maximum dry unit weight* yang bisa dicapai untuk suatu kadar air bila tidak ada lagi udara diantara rongga (*void*) butiran tanah (*zero air void*).

Bila kadar air dinaikkan maka air akan bekerja sebagai pelumas dan menjadikan tanah lebih lunak dan lebih mudah dipadatkan dengan demikian diperoleh *dry density* yang tinggi dan rongga udara yang rendah. Apabila air bertambah banyak, maka air cenderung membuat butir-butir tanah menjauh dengan demikian rongga udara total (udara + air) akan naik sehubungan naiknya kadar air dan *dry density* akan berkurang.

Percobaan pemadatan tanah dilaboratorium dikenal sebagai "*Proctor test*" yang telah distandarisir di AASHTO T-99 dan ASTM D-698 dan dikenal sebagai "*Standard Proctor Test*". *Standard Proctor Test* ini menggunakan 25 pukulan pemadat seberat 5.5 lbs yang dijatuhkan pada ketinggian 1 ft pada masing-masing lapisan tanah yang diletakkan pada cetakan (*mold*), dimana cetakan tersebut berisi 3 lapis tanah. Usaha pemadatan dalam *standard Proctor test* ini secara kasar sebanding dengan usaha alat pemadat ringan (*light rollers*) pada pemadatan tanah dilapangan.

Pada saat ini dengan berkembangnya peralatan pemadatan dilapangan maka dilaboratorium ada "*Modified Proctor Test*". *Modified Proctor* test ini menggunakan 25 pukulan pemadat seberat 10 lbs yang dijatuhkan pada ketinggian 18 in pada masing-masing lapisan tanah yang diletakkan pada cetakan (mold) yang berisi 5 lapis tanah. *Modified proctor test* ini telah distandarisir dalam AASHTO T-180. Usaha pemadatan dalam modified Proctor test ini secara kasar sebanding dengan usaha alat pemadat berat (*heavy rollers*) pada pemadatan tanah dilapangan.

3.9 Pengujian CBR Dengan Uji Proctor

Pengujian CBR bertujuan untuk menentukan kekokohan permukaan lapisan tanah yang umumnya akan dipakai sebagai sub-base (urugan) atau sub-grade (lapisan tanah dasar) konstruksi jalan.

Ada dua macam pengujian CBR di laboratorium, yaitu pengujian kering (*unsoaked*) dan pengujian basah (*soaked*) Alat yang dipergunakan untuk pengujian CBR di laboratorium terdiri dari :

- 1) Tabung silinder (mold) berdiameter 15 cm (6 inch) dengan volume 2837 cm^3 ($1/10 \text{ ft}^3$) yang dilengkapi dengan alas dan tabung tambahan dibagian atas yang disebut collar .
- 2) Penumbuk (*rammer*) berat 10 lbs (sekitar 4.5 kg).
- 3) Cawan aluminium
- 4) Timbangan
- 5) Oven
- 6) Mesin penekan (compression machine).

A. Prosedur pengujian kering (*unsoaked*)

- 1) Tentukan berat-volume kering (*dry*) maksimum dan kadar air optimum contoh tanah, yang diperoleh dari pengujian *Standard Proctor* atau *Modified Proctor*
- 2) Timbang berat tabung (mold) CBR, tanpa alas dan collar
- 3) Siapkan contoh tanah yang akan diuji kekokohnya dan keringkan didalam oven selama 24 jam.
- 4) Keluarkan contoh tanah dari oven, biarkan hingga dingin, kemudian tambahkan air sampai kadar air optimum dan aduk sampai rata

- 5) Masukkan tanah secukupnya ke dalam tabung silinder CBR yang telah dipasang collar, sehingga volume tanah setelah ditumbuk kira-kira tinggal 1/5 volume tabung.
- 6) Tumbuk tanah di dalam tabung secara merata sebanyak 60 kali dengan memakai penumbuk (rammer) seberat 10 lbs (sekitar 4.5 kg) yang dijatuhkan dari ketinggian 45 cm (18 inch)
- 7) Ulangi langkah 5 dan 6 sebanyak 5 kali sampai tanah di dalam tabung penuh dan permukaannya rata.
- 8) Taruh beban standar seberat 10 lbs (berupa lempengan logam yang berlubang di tengahnya) diatas permukaan tanah didalam tabung CBR.
- 9) Letakkan tabung yang berisi tanah dan beban standar pada mesin penekan, dan atur ketinggian agar torak penekan yang mempunyai luas penampang 3 inch² (diameter 4.96 cm) melewati lubang beban standar dan duduk tepat diatas permukaan contoh tanah.
- 10) Pasang dan atur dial penurunan agar jarum penunjuk penurunan tepat pada posisi nol.
- 11) Jalankan mesin penekan dengan kecepatan 0.05 inch per menit
- 12) Lakukan pembacaan (pencatatan) gaya yang terjadi setiap penetrasi 0.025 inch
- 13) Gambarkan grafik hubungan antara penetrasi dan gaya tekan yang terjadi.
- 14) Hitung kekokohan tanah dengan perumusan

$$\text{CBR } 0,1'' = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0,1''}{70} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

$$\text{CBR } 0,2'' = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0,1''}{105} \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$