

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu mengenai Pengujian

Penelitian mengenai pengujian dengan menggunakan alat *Light Weight Deflectometer* (LWD) saat ini baru beberapa yang dilakukan di Indonesia, salah satunya pada penelitian ruas jalan Klagon – Tempel, Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman, oleh Novardi (2013) alat yang digunakan adalah LWD dengan metode *Boussineq*, hasil penelitian yang didapatkan untuk nilai rata-rata modulus elastisitas menggunakan LWD adalah 239,9 MPa, sedangkan untuk nilai rata-rata modulus elastisitas untuk *subgrade* perkerasan jalan adalah 88,95 MPa.

Pengujian pada jalan di Bogor dan Kuningan juga dilakukan oleh Siegfried (2017) dengan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) sebagai alat pembanding yang digunakan untuk mengukur kekuatan pada jalan. Kedua pengujian ini tidak memiliki perbedaan yang cukup signifikan, hasil perbandingan dengan alat standar DCP menunjukkan bahwa korelasi antara LWD dan DCP berada dalam interval 85 % tingkat kepercayaan. Korelasi dengan tingkat kepercayaan 85 % sudah cukup wajar digunakan dalam teknik jalan raya pada umumnya. Kelebihan dari alat uji LWD sendiri terdapat pada kebutuhan teknisi yang lebih sedikit dibandingkan dengan alat uji DCP, dan dapat disimpulkan bahwa alat LWD Pujantan dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan struktural pada jalan tanah.

Pengujian yang dilakukan Siegfried (2018) dengan menggunakan LWD Pujantan, yaitu untuk mengevaluasi perkerasan lentur dan berdasarkan hasil dapat disimpulkan bahwa penggunaan alat LWD Pujantan sebagai alat alternatif selain menggunakan alat FWD terbukti bisa diterima untuk mengevaluasi dari sistem perkerasan pada jalan dengan berbagai macam lalu lintas, baik lalu lintas sedang maupun lalu lintas rendah. Korelasi yang cukup kuat antar nilai modulus

permukaan pada titik pembebanan yang dihitung menggunakan lendutan FWD dengan lendutan LWD Pusjatan.

Hasil pengujian *Light Weight Deflectometer* (LWD) yang dilakukan oleh Kolase dkk (2015) menyatakan bahwa terdapat lima belas kasus pengujian pada setiap lapisan dan diperoleh nilai rata-rata modulus elastisitas. Nilai modulus elastisitas dari pengujian LWD pada tanah lempung antara 400 MPa sampai 700 MPa, nilai tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari pengujian yang lainnya. Alat LWD dapat mengontrol pemadatan lapisan agregat dengan ketebalan 15 – 45 cm pada lapisan tanah dasar yang tidak baik dan diperkuat dengan geotekstil anyaman, hal itu dinyatakan dalam penelitian Sulewska dan Bartnik (2017). Persamaan regresi juga sangat berpengaruh dalam nilai E_{vd}, sehingga jenis geosintetik dan daya dukung beban tanah dasar sangat diperlukan untuk pertimbangan kondisi pengujian.

Lapian (2018) mencoba melakukan penelitian mengenai studi modulus elastisitas pada ruas jalan yang volume lalu lintasnya rendah dengan menggunakan alat LWD. Pada penelitian ini dapat kita ketahui bahwa penelitian ini dapat digunakan untuk mendukung program penanganan ruasa jalan tersebut yang dikenal dengan penanganan rutin jalan, penanganan rutin jembatan, penanganan rehab jalan dan penanganan konstruksi jalan. Penelitian ini juga dapat sebagai acuan dalam perencanaan stabilisasi 2 tahap tanah laterit dengan kapur dan semen yang perlu dibuatkan spesifikasi khusus.

Penelitian tentang penggunaan LWD untuk mengevaluasi modulus elastisitas dalam mengontrol kualitas jalan dengan menghubungkan kepadatan dengan kadar air yang dilakukan Makwana (2016) ini modulus elastisitas dihitung menggunakan software LWDmod, menggunakan data pengujian kepadatan dan kadar air. Nilai kepadatan yang tinggi menunjukkan pemadatan yang baik, nilai kepadatan yang diperoleh berkisar antara 1,4-2 gm/cc dengan koefisien variasi 0,376 dan nilai kadar air berkisar antara 7-33% dengan koefisien variasi 0,092. Oleh karena itu, peningkatan nilai kepadatan dan penurunan kadar air merupakan parameter untuk mengontrol jaminan kualitas jalan yang baik.

Sumarna (2015) melakukan penelitian percobaan uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) pada tanah timbunan, dan didapatkan kesimpulan bahwakekuatan prototipe *subgrade* jalan usahataninya mempunyai nilai *California Bearing Ratio* (CBR) yang merupakan korelasi dari nilai *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), dimana pada kedalaman 0-340 mm, 340-590 mm dan 590-950 mm berturut-turut diperoleh nilai CBR rata-rata sebesar 7,62%, 19,67%, 21,91%. Nilai CBR tersebut lebih besar dari nilai CBR rencana yaitu 5,7%. Hal ini berarti *subgrade* memenuhi syarat kekuatan.

Pada penelitian Harimei (2018) menggunakan alat DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) terdiri dari dua tahap, yaitu tahap melakukan pengujian sifat fisik tanah berupa kadar air, berat jenis, dan analisis butir, dan pengujian kedua adalah pengujian sifat mekanis tanah lempung yang berupa pemadatan, DCP, dan CBR. Setelah melakukan pengambilan data didapatkan nilai q_c , M_v , α dan nilai CBR disetiap titik pengambilan sampel. Pada penelitian ini mengambil 2 sampel DCP 1 dan DCP 2. Dari DCP 1 dan DCP 2 mendapat nilai q_c berkisar antara 20 – 24 kg/cm^2 , M_v berkisar 0,025 – 0,056 cm^2/kg dan α sebesar 1,5 hingga 4. Hasil nilai CBR setiap masing – masing sampel lebih dari 2%. Nilai parameter ini membuktikan sifat fisis dari sampel DCP 1 dan DCP 2 merupakan *low plasticity loam*.

Pada penelitian yang berjudul “Pengaruh Pembasahan dan Pengeringan Terhadap Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Ekspansif dengan Campuran Kapur – Abu Sekam Padi dan Serat” oleh Khasanah (2018), sebelum dilakukan penstabilan tanah, penelitian dimulai dengan melakukan pengujian sifat-sifat geoteknik tanah. Penelitian ini menggunakan tanah lempung dengan plastisitas yang tinggi, dengan nilai kadar air optimum sebesar 32,5%, berat volume kering maksimum (MDD) sebesar 13,05 kN/m^3 , dan 95% MDD sebesar 30,88 kN/m^3 .

Dalam penelitian Burhanuddin dan Junaidi (2018) tentang hubungan daya dukung tanah dengan menggunakan alat DCP dan CBR laboratorium rendaman, dapat disimpulkan bahwa data pada 10 titik CBR lapangan dari hasil pengujian DCP memperoleh hasil CBR tanah dasar rata-rata di atas 6%. CBR laboratorium rendaman selama 4 hari terbukti nilai CBR setelah pematatannya lebih bagus

dibandingkan dengan nilai CBR lapangan dengan alat DCP. Dari pengujian tersebut diperoleh hubungan empiris dengan persamaan : $CBR_{DCP} = 1,083 + (0.347 \times CBR_{Lab})$.

Syahrudin (2010) melakukan pengujian daya dukung perkerasan jalan dengan *Dynamic Cone Penetrometer* dan dari hasil uji, alat DCP dapat menginterpretasikan kedalaman lapisan perkerasan dan nilai daya dukung CBR yang diukur. Dari hasil uji terlihat bahwa DCP dapat mengidentifikasi sampai kedalaman yang diperlukan atau maksimum 120 cm, dengan tebal setiap lapisan sesuai dengan nilai CBR yang diperoleh. Berdasarkan kecepatan perolehan data dan pengalaman lapangan, hasil pengujian dengan alat DCP dapat dicapai sekitar 10 sampai 12 hasil uji per hari untuk 3 lapisan atau lebih, sehingga pengujian DCP adalah 6 kali lebih cepat dari pada pengujian CBR lapangan konvensional. Pengujian dengan alat DCP relatif sangat cepat untuk mengidentifikasi nilai CBR lapis perkerasan jalan yang ada di lapangan, untuk penyelidikan atau pemeriksaan tebal dan daya dukung perkerasan jalan, serta untuk mengukur kesesuaian tebal perkerasan jalan yang telah dilaksanakan oleh penyedia jasa (Kontraktor).

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Jalan

Menurut penjelasan Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia tentang Jalan No.34/2006, jalan adalah sebagai salah satu prasarana transportasi dalam kehidupan bangsa, kedudukan dan peranan jaringan jalan pada hakikatnya menyangkut hajat hidup orang serta mengendalikan struktur pengembangan wilayah pada tingkat nasional terutama yang menyangkut perwujudan pengembangan antar daerah yang seimbang dan pemerataan hasil-hasil pembangunan serta peningkatan pertahanan dan keamanan negara.

Salah satu yang dibutuhkan di suatu jalan adalah struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda kendaraan yang disebut perkerasan (*pavement*). Perkerasan berfungsi untuk melindungi tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan-lapisan pembentuk perkerasan supaya tidak mengalami tegangan dan regangan yang berlebihan oleh akibat beban lalu lintas. Menurut Hardiyatmo (2015), fungsi

utama dari perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, yaitu pada tekanan dimana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan.

Pertimbangan tipe perkerasan yang dipilih terkait dengan dana pembangunan yang tersedia, biaya pemeliharaan, volume lalu lintas yang dilayani, serta kecepatan pembangunan agar lalu lintas tidak terlalu lama terganggu selama pelaksanaan proyek.

Tipe perkerasan yang banyak digunakan adalah:

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)
3. Perkerasan komposit (*composite pavement*)
4. Jalan tak diperkeras (*unpaved road*)

2.2.2 Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Dynamic Cone Penetrometer (DCP) adalah suatu alat untuk mengukur daya dukung tanah secara langsung di tempat (*in situ*). Menurut Lengkon dkk (2013) DCP merupakan suatu alat yang dirancang untuk menguji kekuatan lapisan granular dan tanah dasar perkerasan jalan. Semakin dalam ujung konus masuk ke dalam tanah dasar di setiap tumbukannya maka tanah dasar tersebut bisa dikatakan semakin lunak. Pengujian DCP pada dasarnya sama dengan *Cone Penetration* (CP), yang mana keduanya sama-sama mencari nilai CBR dari suatu lapisan tanah secara langsung di lapangan (*in situ*). Perbedaan dari kedua alat tersebut yaitu alat *Cone Penetration* dilengkapi dengan poving ring dan arloji pembacaan, sedangkan alat DCP menggunakan mistar.

Dynamic Cone Penetrometer (DCP) adalah salah satu cara pengujian tanpa merusak atau *Non Destructive Testing* (NDT), pengujian ini digunakan untuk menguji lapis pondasi batu pecah, pondasi bawah sirtu, stabilitas tanah dengan semen ataupun kapur. Pengujian ini juga merupakan pengujian kekuatan lapis perkerasan jalan yang relatif cepat, yaitu dengan menekan ujung konus dengan memukul palu dengan beban dan tinggi jatuh tertentu. Menurut Syahrudin

(2010) hasil dari pengujian dikorelasikan dengan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) untuk keperluan perencanaan pemeliharaan dan peningkatan jalan termasuk perencanaan tebal perkerasan jalan.

Pengujian dengan alat DCP membutuhkan teknisi atau operator minimal 3 orang, satu orang bertugas memegang alat yang sudah terpasang dengan tegak, satu orang mengangkat dan menjatuhkan beban, dan satunya lagi membaca angka yang terdapat pada mistar dan mencatat data masuknya konus ke dalam tanah untuk setiap pukulan dari palu atau *hammer*, dan jumlah pukulan (*blow*).



Gambar 2.2 Bagian-bagian alat uji DCP

Sumber : PU No. 04/SE/M/2010 tentang Pemberlakuan Pedoman Cara Uji *California Bearing Ratio* (CBR) dengan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

Hubungan nilai pengujian CBR dengan DCP merupakan jumlah rata-rata dari penetrasi per pukulan (*mm/blow*), dan dari data tersebut dapat dicari nilai CBR dengan persamaan dari ASTM D6951 sebagai berikut :

$$\text{CBR} = 292/\text{DCP}^{1.12} \dots\dots\dots(2.1)$$

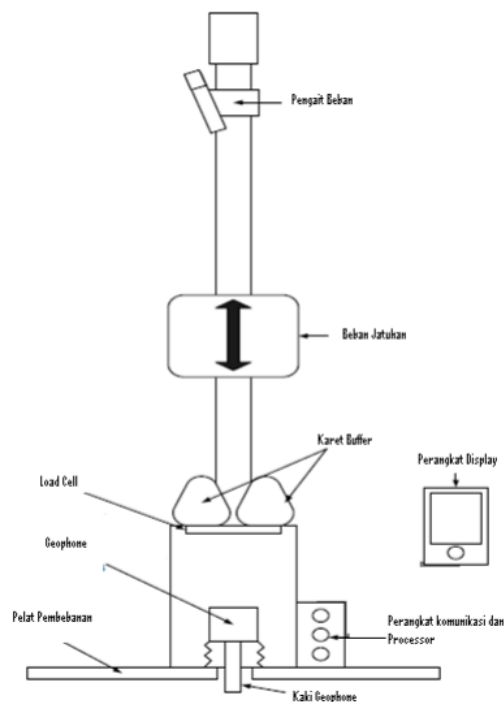
Keterangan :

DCP = nilai DCP (*mm/blow*)

2.2.5 Light Weight Deflectometer (LWD)

Light Weight Deflectometer (LWD) merupakan salah satu metode pemeriksaan kualitas lendutan pada perkerasan jalan dimana metode ini bersifat tidak merusak aspal itu sendiri NDT (*Non Destruction Test*). Menurut ASTM E2583-07, LWD merupakan alat yang secara umum digunakan untuk uji coba lapisan perkerasan. Kolase dkk (2015) menyatakan pengujian dengan metode LWD yaitu defleksi tanah atau perkiraan modulus tanah dinamisnya (dari analisis *Boussinesq* pelat pembebanan pada setengah ruang elastis), telah digunakan sebagai nilai relatif dan kualitatif karena kriterianya tergantung pada kepadatan kering dan kadar air.

Light Weight Deflectometer (LWD) semakin menjadi pertimbangan negara Amerika Serikat dan beberapa negara lainnya di seluruh dunia dikarenakan mudah dalam penggunaan serta ringan untuk dibawa. Selain itu, alat ini juga dengan cepat dapat digunakan untuk menentukan modulus elastisitas dan parameter lainnya.



Gambar 2.3 Alat *Light Weight Deflectometer* (LWD)

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), No 19/SE/M/2016

Dalam perhitungan modulus elastisitas digunakan rumus *Boussinesq* dari Study of the Light Weight Deflectometer and Reviews, Kolase dkk (2015) yang diturunkan pada persamaan sebagai berikut:

$$E_0(0) = \frac{2(1-\mu^2)\sigma_0 a}{D_0} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$E_0(r) = \frac{(1-\mu^2)\sigma_0 a^2}{r D_r} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

$E_0(0)$: Modulus permukaan pada pusat pembebanan, MPa.

$E_0(r)$: Modulus permukaan pada jarak r dari pusat pembebanan, MPa.

σ_0 : Tegangan kontak antara pelat pembebanan dengan permukaan, Pa.

r : Jarak *geophone* dari pusat pembebanan, mm.

μ : *Poisson's ratio*

a : Jari-jari pelat pembebanan, mm.

D_0 : Lendutan pada pusat pembebanan, mikro meter.

D_r : Lendutan pada jarak r dari pusat pembebanan, mikro meter.

2.2.6 Validitas dan Realibilitas

Pengujian validitas adalah pengujian yang dapat dikatakan memiliki validitas yang tinggi jika pengujian tersebut menjalankan fungsi ukurnya, atau memberikan hasil ukur yang tepat dan akurat sesuai dengan maksud dilakukannya pengujian tersebut. Suatu pengujian yang menghasilkan data yang tidak relevan dapat dikatakan sebagai pengujian yang memiliki validitas rendah. Pengertian dari validitas juga bisa diartikan sebagai aspek kecermatan dalam sisi pengukuran. Suatu alat ukur yang valid dapat menjalankan fungsi ukurnya dengan tepat, juga memiliki kecermatan tinggi. Arti kecermatan disini adalah dapat mendeteksi perbedaan-perbedaan kecil yang ada pada data yang diukurnya. Dalam pengujian validitas terhadap suatu data hasil dari penelitian, dibedakan menjadi 2, yaitu validitas faktor dan validitas item. Validitas faktor diukur bila item yang disusun menggunakan lebih dari satu faktor (antara faktor satu dengan yang lain

ada kesamaan). Validitas item ditunjukkan dengan adanya korelasi atau dukungan terhadap item total (skor total), perhitungan dilakukan dengan cara mengkorelasikan antara skor item dengan skor total item.

Uji validitas dilakukan dengan menggunakan bantuan program SPSS yang teknik pengujian ini juga sering digunakan oleh para peneliti. Untuk uji validitas menggunakan korelasi *Bivariate Pearson* yang analisis ini dengan cara mengkorelasikan masing-masing data dengan data total. Yang dimaksud dengan data total adalah penjumlahan dari keseluruhan data yang ada. Data bisa dikatakan valid apabila data tersebut berkorelasi signifikan dengan data total atau jumlah dari keseluruhan data.

Realibilitas berasal dari kata *reliability* yang menunjukkan sejauh mana hasil pengukuran pada penelitian dengan alat tersebut dapat dipercaya. Hasil pengukuran harus mempunyai tingkat konsistensi dan kemantapan. Hal tersebut bisa berupa pengukuran dari alat ukur yang sama dan dilakukan secara berulang-ulang akan memberikan hasil yang sama atau konsisten. Apabila pengukuran yang berulang namun tidak mendapatkan hasil yang sama atau berbeda-beda maka pengujian tersebut tidak dapat dipercaya dikarenakan tidak konsisten hasil yang diduplikasinya. Realibilitas berbeda dengan validitas karena pengukuran dapat dipercaya apabila hasilnya konsisten akan tetapi belum tentu mengukur apa yang seharusnya diukur. Tinggi rendahnya realibilitas ditunjukkan oleh suatu angka yang disebut koefisien realibilitas. Realibilitas yang tinggi dapat dilihat dari nilai r_{xx} yang mendekati angka 1. Suatu realibilitas dianggap sudah cukup memuaskan apabila nilainya $\geq 0,700$.

Pengujian realibilitas menggunakan rumus *Alpha Cronbach*, jika nilai alpha $> 0,7$ artinya realibilitasnya mencukupi, apabila nilai alpha $> 0,8$ berarti seluruh data dan seluruh pengujian secara konsisten memiliki realibilitas yang kuat, dan jika nilai alpha $< 0,9$ realibilitasnya sempurna. Namun jika nilai alpha $< 0,50$ maka realibilitas rendah, dan jika realibilitas rendah kemungkinan ada beberapa nilai yang tidak reliabel.