

Penggunaan *Light Weight Deflectometer* Pusjatan untuk *Quality Control* Pekerjaan Pemadatan Tanah Dasar

Siegfried Syafier

Puslitbang Jalan dan Jembatan
Jl. AH Nasution 264, Bandung
siegfried@pusjatan.pu.go.id

Abstrak—Pemadatan merupakan salah satu aktivitas yang perlu mendapat perhatian penuh dalam pelaksanaan konstruksi suatu sistem perkerasan jalan. Untuk itu perlu dilakukan *quality control* yang ketat dalam pelaksanaannya. Tanah dasar sebagai bagian dari sistem perkerasan jalan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem tersebut. Kebutuhan akan tanah dasar yang kuat dimulai dari proses pemadatan dan pengawasan pelaksanaannya. *Light Weight Deflectometer* (LWD) Pusjatan menjadi salah satu alternative alat untuk melaksanakan *quality control* pemadatan. Terlihat bahwa dengan menggunakan alat LWD Pusjatan ini sebagai alat bantu *quality control* beberapa keuntungan bisa didapat antara lain efisien dari segi waktu, biaya, dan jumlah personil yang dibutuhkan.

Kata kunci—tanah dasar; *Light Weight Deflectometer* Pusjatan; *quality control*;

1. Pendahuluan

Dalam pelaksanaan konstruksi pekerjaan jalan, pemadatan tanah dasar merupakan salah satu aktifitas yang mendapat perhatian utama. Kegagalan dari pemadatan tanah dasar akan memicu kerusakan dini pada sistem perkerasan didalam umur pelayanannya seperti terjadi deformasi yang berlebih. Hal ini akan membahayakan para pengguna jalan yang akan melewati ruas jalan tersebut. Selain itu juga akan merusak kendaraan yang digunakan untuk melewati jalan tersebut.

Mengingat hal tersebut maka perlu dilakukan pengawasan yang mendalam pada pelaksanaan pekerjaan pemadatan tersebut. Sampai saat ini parameter utama yang menjadi pertimbangan dalam proses pemadatan tersebut adalah derajat kepadatan. Pengukuran derajat kepadatan dalam pelaksanaan konstruksi pemadatan tanah dasar adalah dengan menggunakan peralatan yang disebut dengan konus pasir (*sand cone*). Alat ini menghitung kepaatan lapangan yang ada dan kemudian membandingkan dengan kepadatan rencana yang didapat dari perancangan di laboratorium, sehingga nanti bisa dihitung derajat kepadatan lapangan yang merupakan ratio dari kepadatan lapangan dengan kepadatan laboratorium [2].

Agar didapat hasil yang optimal, maka dalam proses pemadatan tanah dasar tersebut perlu didapatkan keseragaman derajat kepadatan. Kelemahan utama didalam penggunaan alat konus pasir ini sebagai *quality control* dalam suatu proses

pemadatan lapisan perkerasan adalah waktu yang dibutuhkan cukup lama. Untuk sekali pengujian kepadatan diperlukan waktu +/- 1 jam. Hal ini akan sangat tidak efisien karena biasanya pekerjaan pemadatan tanah dasar itu kadang-kadang mencapai panjang 2 kilometer. Apabila ini terjadi maka banyak waktu yang terbuang untuk menunggu keputusan apakah suatu proses pemadatan sudah seragam dan memenuhi persyaratan spesifikasi. Apalagi tanah dasar biasanya dipadatkan per lapis setebal 20 cm, dimana pada umumnya tanah dasar di Indonesia diambil setebal 80—100 cm.

Karena membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan keseragaman dalam proses pemadatan tanah dasar, maka Spesifikasi Binamarga 2018 mensyaratkan penggunaan LWD dalam proses *quality control* untuk pemadatan lapisan granular pada pekerjaan konstruksi jalan [3]. Diharapkan dengan penggunaan LWD Pusjatan ini bisa mempercepat proses pelaksanaan konstruksi tanah dasar pada setiap pelaksanaan pekerjaan jalan.

Makalah ini membahas secara singkat penggunaan LWD Pusjatan sebagai *quality control* dalam pelaksanaan pemadatan tanah dasar.

2. Metode

2.1. *Light Weight Deflectometer*

Light Weight Deflectometer (LWD) digunakan untuk menguji sistem perkerasan, dan tanah dasar yang disiapkan untuk konstruksi jalan. Tujuan utama dari pengujian LWD ini adalah untuk mendapatkan keseragaman dari lapisan yang diuji [4].

LWD Pusjatan merupakan alat LWD yang dihasilkan dari penelitian dan pengembangan di Puslitbang Jalan dan Jembatan pada tahun anggaran 2012 dan 2014 serta dinamakan sebagai LWD Pusjatan [5]. Alat LWD Pusjatan ini sedikit berbeda dari alat LWD yang standar. Alat LWD standar pada umumnya difungsikan sebagai alat untuk mengukur kekukatan struktural pada lapisan granular, sedangkan LWD Pusjatan selain bisa digunakan untuk lapisan granular juga bisa digunakan untuk mengukur kekuatan struktural jalan beraspal. Penggunaan untuk jalan beraspal dimungkinkan karena *stress level* yang

ditimbulkan oleh LWD Pusjatan jauh lebih besar dibandingkan LWD standar lainnya [6].

Selain itu juga LWD Pusjatan tidak mempunyai *load cell*. Besaran beban ditentukan oleh 5 level, dimana besaran beban tiap-tiap level itu ditentukan melalui kalibrasi dengan *load cell* standar di laboratorium. Karena tidak mempunyai *load cell* ini maka pemeliharaan dari alat ini lebih mudah karena salah satu komponen yang paling sensitif dari sebuah LWD adalah *load cell* nya [5]. Gambar 1 berikut ini menunjukkan satu unit LWD Pusjatan dalam pengoperasiannya.



Gambar 1. LWD Pusjatan Dalam Pengoperasian

2.2. Koefisien Variasi

Koefisien Variasi (*Coefficient of Variation, CV*) atau Standar Deviasi Relatif (*Relative Standard Deviation, RSD*) menunjukkan tingkat variabilitas dari deretan data dan diformulasikan sebagai ratio dari standar deviasi terhadap rata-rata seperti diberikan pada persamaan berikut ini [7].

Keterangan:

Σ : standar deviasi.

M : Rata-rata.

$$RSD = (100 \times \Sigma) / |M| \quad (1)$$

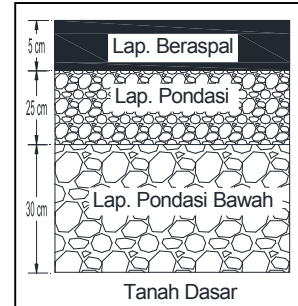
Untuk pengujian pada sistem perkerasan, AASHTO memberikan nilai maksimum sebesar 30% [1].

2.3. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Alusan Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Jl. AH Nasution 264 Bandung. Laboratorium Alusan merupakan laboratorium perkerasan jalan berskala 1:1, dimana contoh uji yang dibuat sama dan sebangun dengan jalan yang sebenarnya.

Contoh uji perkerasan yang dibuat terletak di dalam gedung sehingga bisa meminimalisir faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya kerusakan dini yang tidak diharapkan. Selain itu juga bisa melakukan kontrol penuh terhadap parameter-

parameter yang sedang diteliti. Contoh uji perkerasan yang dibuat seperti diberikan pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Contoh Uji Perkerasan

Contoh uji perkerasan terdiri atas 3 lapisan yaitu lapis permukaan dari ACWC setebal 5 cm, lapis pondasi dari Kelas A setebal 25 cm, dan lapis Kelas B setebal 30 cm. Tanah dasar ditargetkan mempunyai CBR sebesar 6% atau setara dengan modulus elastisitas 60 MPa.

Penelitian pemadatan ini dilakukan pada saat proses konstruksi tanah dasar. Data yang diambil adalah pada saat pemadatan akhir dari lapisan tanah dasar. Data diambil menggunakan LWD Pusjatan sebanyak 19 titik.

2.4. Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

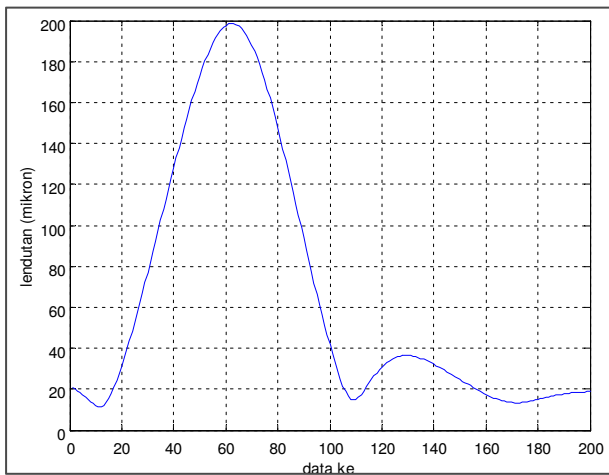
- Lakukan pengujian LWD Pusjatan pada 19 titik setelah selesainya pemadatan akhir dari tanah dasar.
- Catat nilai lendutan dan besaran beban yang digunakan pada setiap pengujian.
- Hitung nilai koefisien variasi dari segmen yang diuji berdasarkan Persamaan (1).
- Catat nilai modulus elastisitas pada setiap titik pengujian.
- Apabila nilai koefisien korelasi (C_v) yang didapat dari butir (c) kecil dari 30% dan rata-rata nilai modulus elastisitas besar dari yang disyaratkan maka pemadatan dianggap telah memenuhi persyaratan.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Hasil Pengujian Lendutan LWD Pusjatan

Hasil pengujian LWD Pusjatan secara tipikal berbentuk grafik lendutan seperti yang diberikan pada Gambar 3.

Tipikal hasil pengujian LWD Pusjatan dari lendutan terlihat seperti diberikan pada Gambar 3. Lendutan yang dipakai sebagai perhitungan modulus ataupun untuk perhitungan keseragaman adalah lendutan maksimum. Seperti terlihat dari Gambar 3 bahwa lendutan maksimum yang ada pada beban 563 kg adalah sebesar 200 mikron. Hasil lengkap 19 titik pengujian diberikan pada Tabel 1.



Gambar 3. Lendutan Tipikal Hasil LWD Pusjatan

TABEL 1. HASIL PENGUJIAN LWD PUSJATAN

Titik	Operator	P (kg)	D0 (mkr)	E0(MPa)
1	Reza	563	312.0	67
2	Reza	563	231.8	90
3	Reza	563	258.3	81
4	Reza	563	208.6	101
5	Reza	563	165.0	90
6	Reza	563	213.8	98
7	Reza	563	318.0	66
8	Reza	563	170.2	123
9	Reza	563	167.0	126
10	Reza	563	319.1	66
11	Reza	563	188.2	111
12	Reza	563	190.5	110
13	Reza	563	198.7	106
14	Reza	563	158.7	132
15	Reza	563	212.2	99
16	Reza	563	158.3	132
17	Reza	563	264.3	79
18	Reza	563	293.0	72
19	Reza	563	399.3	53
		Rata2 =	233.0	94.8
		Stdev=	68.4	
		CV(%)=	29.3	

Dari Tabel 1 terlihat bahwa beban yang digunakan sebesar 563 kg. Lendutan maksimum yang terjadi adalah 319.1 mikron yang menghasilkan modulus elastisitas pada tanah dasar sebesar 66 MPa. Dengan menggunakan persamaan yang terdapat pada AAHTO 1993, maka nilai modulus elastisitas 66 MPa itu setara dengan CBR tanah sebesar 6.6% [1].

Beban yang digunakan sebesar 563 kg ini cocok untuk digunakan pada tanah dasar. Ketika beban dinaikkan, maka terlihat bahwa gelombang yang dihasilkan sebagai reaksi lapisan terhadap beban yang diaplikasikan mengalami *clipping*. Fenomena *clipping* ini terjadi apabila *count ADC* yang merupakan konversi dari *voltage* yang dihasilkan oleh sensor melebihi 1024 untuk tipe-tipe mikrokontroler yang menggunakan 10 bits.

Biasanya fenomena ini diatasi dengan menurunkan beban yang akan memicu terjadinya gelombang pada lapisan yang sedang diuji.

3.2. Keseragaman Lapisan Yang Diuji

Secara umum terlihat dari hasil yang disajikan pada Tabel 1 bahwa secara struktural lapisan tanah dasar telah memenuhi spesifikasi yang diharapkan yaitu modulus elastisitas minimum sebesar 60 MPa, kecuali pada titik 19. Pada titik 19 ini modulus elastisitas yang didapat hanya 53 MPa. Hal ini disebabkan bahwa titik 19 ini merupakan titik akhir dari contoh uji perkerasan sehingga ketika pemadatan dilakukan hanya dilalui oleh sekali alat pemadat dalam setiap siklus pemadatan.

Kalau dilihat secara keseluruhan bahwa pemadatan seperti ini sudah bisa diterima karena koefisien variasi yang didapat sebesar 29.3% sudah memenuhi persyaratan yaitu harus kecil sama dengan 30%.

Dari hasil yang didapat terlihat bahwa pemadatan tidak harus ditambah karena telah memenuhi 2 persyaratan yang dibutuhkan yaitu kekuatan struktural minimum dan keseragaman. Apabila keseragaman terpenuhi dan kekuatan struktural tidak terpenuhi, maka pemadatan akan ditambah di lokasi dimana kekuatan struktural tersebut tidak terpenuhi. Apabila semua kekuatan struktural terpenuhi dan keseragaman tidak terpenuhi, maka sebaiknya pemadatan harus ditambah di lokasi-lokasi yang mempunyai nilai struktural yang lebih kecil.

Angka batas 30% untuk koefisien variasi (CV) diambil dari persyaratan pada AASHTO 1993 [1]. Besaran ini mungkin saja bisa berubah sesuai dengan kebutuhan masing-masing pengelola jalan dan tergantung juga dari klasifikasi jalan. Untuk jalan tol mungkin angka 30% ini terlihat agak terlalu besar. Semakin kecil angka CV maka akan semakin keseragaman yang disyaratkan akan semakin baik.

3.3. Penggunaan LWD Pusjatan Untuk Pemadatan

Penggunaan alat LWD Pusjatan untuk *quality control* pema-datan tanah dasar mempunyai banyak keuntungan antara lain efisien dari segi waktu, jumlah personil, biaya, dan juga parameter yang dikumpulkan. Hal-hal ini mungkin yang melatarbelakangi disyaratkannya LWD sebagai bagian dari proses pemadatan lapis granular perkerasan jalan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Untuk Jalan dan Jembatan [3].

Dari segi waktu penggunaan LWD Pusjatan ini cukup efisien. Pengujian LWD Pusjatan untuk satu titik sampai keluar hasil pengujiannya hanya membutuhkan waktu 2 menit. Sedangkan apabila menggunakan alat *sand cone* untuk satu titik membutuhkan waktu paling kurang 1 jam. Selain itu untuk pengujian *sand cone* juga membutuhkan perhitungan yang sedikit rumit karena harus juga mengetahui kadar air lapangan.

Dilihat dari sisi jumlah personil untuk pengujian LWD juga lebih menguntungkan. Untuk pengujian LWD jumlah personil atau teknisi maksimum 2 orang. Untuk teknisi yang berpengalaman malahan bisa melakukan pengujian LWD Pusjatan sendirian. Sedangkan apabila menggunakan pengujian *sand cone* jumlah teknisi setidaknya harus 3 orang.

Biaya untuk melakukan pengujian *sand cone* juga lebih besar. Hal ini disebabkan oleh biaya personil yang jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya personil untuk LWD Pusjatan.

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas maka bisa diambil beberapa kesimpulan dalam penggunaan LWD Pusjatan untuk *quality control* pemadatan antara lain. :

- a. Penggunaan LWD Pusjatan telah diterima sebagai bagian dari spesifikasi untuk *quality control* pemadatan tanah dasar dan lapisan granular lainnya dalam konstruksi perkerasan jalan.
- b. Penggunaan LWD Pusjatan bisa menghemat waktu, biaya, dan personil dalam pelaksanaan *quality control* pekerjaan pemadatan pada tanah dasar dan lapisan granular lainnya.
- c. Selain sebagai *quality control* LWD Pusjatan juga bisa digunakan langsung untuk mengukur dan mengetahui kekuatan struktural tanah dasar dalam parameter modulus elastisitas yang kemudian bisa dikonversi menjadi nilai CBR menggunakan rumus-rumus dasar yang dimuat di AASHTO 1993 [1].

5. Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada para anggota team penelitian Sistem Manajemen Perkerasan pada tahun anggaran 2018 di Puslitbang Jalan dan Jembatan. Terima kasih telah ikut berpartisipasi penuh dalam pengumpulan data dan persahabatan yang hangat.

6. Daftar Pustaka

- [1] American Association of State Highway Transportation Officials. 1993. Guideline of Structural Pavement Design. Washington, DC: AASHTO
- [2] Badan Standardisasi Indonesia, “Metoda Pengujian Kepadatan Lapangan Dengan Konus Pasir”, SNI 03-2828-1992, Jakarta, Indonesia, 1992.
- [3] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga, “Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan”, Jakarta, 2018.
- [4] Papworth Construction Testing Equipment, “Non Destructive Testing”, <https://www.pcte.com.au/>, Australia, diunduh 24 Desember 2018.
- [5] Siegfried Syafier, “Pengembangan Prototipe *Light Weight Deflecto-meter*”, Laporan Penelitian TA 2014, Puslitbant Jalan dan Jembatan, Bandung, 2014.

- [6] Siegfried Syafier, “Penggunaan *Light Weight Deflectometer* Pusjatan Untuk Lapisan Perkerasan Lentur”, Jurnal Jalan dan Jembatan 2018, Puslitbang Jalan dan Jembatan, Bandung, 2018.
- [7] Everitt, Brian , The Cambridge Dictionary of Statistics. Cambridge, UK New York: Cambridge University Press., 1998.