
Pelatihan Penggunaan *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* untuk Evaluasi Daya Dukung Tanah Dasar pada Ruas Jalan Desa Kalijambe Kecamatan Tarub

Okky Hendra Hermawan^{1*}, Nadya Shafira Salsabilla², Teguh Haris Santoso³, Muhamad Yusuf⁴, Weimintoro⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pancasakti Tegal, Tegal, Indonesia
okijavva@gmail.com*

Article information	Abstrak
<p>Article history: Received 5 Februari 2026 Approved 10 Februari 2026</p>	<p><i>Kondisi tanah dasar merupakan faktor penting yang menentukan keberhasilan pembangunan dan peningkatan kualitas jalan desa. Salah satu permasalahan yang sering dihadapi pada jalan lingkungan adalah belum tersedianya data daya dukung tanah yang memadai sebagai dasar perencanaan perkerasan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan aparatur desa serta masyarakat setempat dalam menggunakan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP) sebagai metode sederhana dan cepat untuk mengevaluasi daya dukung tanah dasar pada Ruas Jalan Desa Kalijambe, Kecamatan Tarub. Metode pelaksanaan kegiatan meliputi penyampaian materi teori mengenai karakteristik tanah dasar dan prinsip kerja DCP, demonstrasi penggunaan alat, serta praktik langsung pengujian di lapangan. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa peserta mampu memahami fungsi, prosedur pengujian, serta cara membaca dan menginterpretasikan data hasil uji DCP untuk menentukan nilai CBR tanah dasar. Pelatihan ini memberikan manfaat nyata berupa peningkatan kapasitas sumber daya manusia dalam mendukung perencanaan teknis jalan desa yang lebih tepat, efisien, dan berbasis data lapangan. Dengan demikian, penggunaan DCP diharapkan dapat menjadi alternatif pengujian awal yang aplikatif dalam mendukung pembangunan infrastruktur jalan desa secara berkelanjutan.</i></p> <p>Kata Kunci : <i>Dynamic Cone Penetrometer (DCP); Daya Dukung Tanah; Jalan Desa; Pengabdian Kepada Masyarakat</i></p>

PENDAHULUAN

Jalan desa merupakan bagian dari sistem jaringan jalan yang berada di wilayah administrasi desa dan berfungsi sebagai penghubung antarpermukiman, kawasan pertanian, serta fasilitas pelayanan umum. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, jalan didefinisikan sebagai prasarana transportasi darat yang meliputi seluruh bagian jalan beserta bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004). Lebih lanjut, dalam klasifikasi jalan menurut statusnya, jalan desa termasuk dalam kelompok jalan kabupaten yang tidak termasuk jalan nasional maupun jalan provinsi, dan berfungsi melayani pergerakan lokal di wilayah pedesaan (Departemen Pekerjaan Umum, 2017). Keberadaan jalan desa yang layak sangat berpengaruh terhadap kelancaran mobilitas masyarakat serta distribusi hasil pertanian dan kegiatan ekonomi lokal (Sukirman, 1999).

Desa Kalijambe yang terletak di Kecamatan Tarub, Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah, merupakan wilayah dengan aktivitas masyarakat yang sebagian besar bergantung pada sektor pertanian dan usaha skala kecil. Ruas jalan desa di wilayah ini berperan penting dalam mendukung akses masyarakat terhadap lahan pertanian, pasar, serta fasilitas pendidikan dan kesehatan. Namun demikian, beberapa ruas jalan desa masih menghadapi permasalahan teknis, antara lain kerusakan perkerasan yang disebabkan oleh kondisi tanah dasar yang kurang mendukung serta keterbatasan data teknis pada tahap perencanaan (Hardiyatmo, 2015).

Tanah dasar (*subgrade*) merupakan elemen fundamental dalam struktur perkerasan jalan karena berfungsi sebagai lapisan pendukung utama yang menahan dan mendistribusikan beban dari lapisan di atasnya (Yoder & Witczak, 1975; Hardiyatmo, 2012). Apabila kondisi tanah dasar memiliki daya dukung rendah dan tidak teridentifikasi sejak awal, maka perkerasan jalan berpotensi mengalami kerusakan dini seperti penurunan, retak, dan deformasi (Hardiyatmo, 2015). Oleh sebab itu, pengujian tanah dasar menjadi tahapan penting dalam perencanaan dan evaluasi konstruksi jalan, termasuk jalan desa (Departemen Pekerjaan Umum, 2017).

Dynamic Cone Penetrometer (DCP) adalah salah satu metode pengujian tanah secara in-situ yang praktis, cepat, dan ekonomis untuk memperkirakan daya dukung tanah dasar melalui nilai *California Bearing Ratio* (CBR) (ASTM International, 2010; Livneh & Ishai, 1987). Metode ini direkomendasikan dalam praktik perencanaan jalan karena mudah diaplikasikan di lapangan dan tidak memerlukan peralatan laboratorium yang kompleks (Departemen Pekerjaan Umum, 2017). Meskipun demikian, pemanfaatan alat DCP di tingkat desa masih terbatas akibat minimnya pengetahuan dan keterampilan aparatur desa serta masyarakat dalam pengoperasian alat dan interpretasi hasil pengujian (Scala, 1956).

Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dalam bentuk pelatihan penggunaan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) untuk evaluasi daya dukung tanah dasar pada ruas jalan Desa Kalijambe, Kecamatan Tarub, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas sumber daya manusia desa dalam memahami pentingnya pengujian tanah dasar serta mampu menerapkan metode DCP sebagai dasar perencanaan dan pengambilan keputusan teknis (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020). Dengan adanya pelatihan ini, diharapkan pembangunan dan peningkatan kualitas jalan desa dapat dilaksanakan secara lebih terukur, efisien, dan berkelanjutan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

METODE PELAKSANAAN

Tahapan yang dilalui dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah pelatihan penggunaan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) untuk evaluasi daya dukung tanah dasar pada ruas Jalan Desa Kalijambe, Kecamatan Tarub, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. Metode pelaksanaan dirancang secara bertahap agar kegiatan berjalan sistematis dan sesuai dengan tujuan peningkatan kapasitas aparatur desa dan masyarakat.

1. Lokasi Pelaksanaan Pengabdian

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di Ruas Jalan Desa Kalijambe yang berada di wilayah administrasi Kecamatan Tarub, Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah. Lokasi pengabdian dipilih pada ruas jalan desa yang masih memiliki keterbatasan kualitas perkerasan dan memerlukan data teknis tanah dasar sebagai dasar perencanaan peningkatan jalan. Kondisi jalan yang sebagian masih berupa perkerasan sederhana menjadikan lokasi ini representatif untuk pelaksanaan pelatihan penggunaan alat DCP secara langsung di lapangan.

2. Peserta kegiatan

Peserta yang terlibat dalam kegiatan pengabdian ini terdiri atas aparatur pemerintah Desa Kalijambe, perwakilan masyarakat, serta tim pelaksana pengabdian dari perguruan tinggi. Tim pelaksana terdiri dari dosen sebagai narasumber dan pendamping teknis, serta mahasiswa yang turut membantu dalam pelaksanaan praktik lapangan. Keterlibatan aparatur desa dan masyarakat diharapkan dapat meningkatkan pemahaman bersama terkait pentingnya pengujian tanah dasar dalam pembangunan dan pemeliharaan jalan desa.

3. Tahapan pelaksanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dalam bentuk pelatihan dan pendampingan penggunaan alat uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) untuk mengevaluasi daya dukung tanah dasar pada ruas Jalan Desa Kalijambe, Kecamatan Tarub, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. Metode pelaksanaan kegiatan dirancang secara sistematis agar mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan aparatur desa serta masyarakat dalam melakukan pengujian tanah dasar secara mandiri.

a. Pelaksanaan kegiatan

1) Lokasi dan Waktu Pelaksanaan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian dilakukan pada ruas Jalan Desa Kalijambe yang menjadi akses utama aktivitas masyarakat desa. Lokasi ini dipilih karena kondisi perkerasannya masih sederhana dan memerlukan data teknis tanah dasar sebagai dasar perencanaan peningkatan kualitas jalan. Kegiatan dilaksanakan melalui pelatihan teori dan praktik langsung di lapangan.

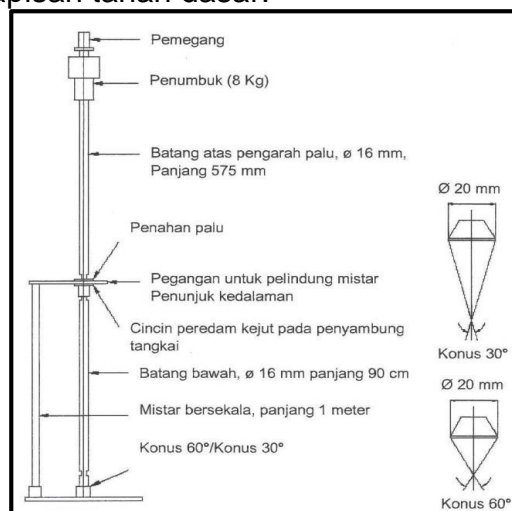
2) Peserta kegiatan

Peserta kegiatan terdiri dari aparatur pemerintah Desa Kalijambe, perwakilan masyarakat, serta tim pelaksana pengabdian dari perguruan tinggi. Tim pelaksana terdiri dari dosen sebagai narasumber dan pendamping teknis, serta mahasiswa yang membantu pelaksanaan praktik lapangan. Keterlibatan peserta secara langsung diharapkan mampu meningkatkan transfer pengetahuan dan keterampilan terkait pengujian tanah dasar.

3) Peralatan

Peralatan utama yang digunakan dalam kegiatan ini adalah *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). Alat DCP terdiri dari beberapa bagian utama yang disusun secara kaku dan saling terhubung, yaitu:

- Bagian atas, terdiri atas pegangan, batang atas berdiameter ± 16 mm, serta penumbuk berbentuk silinder berlubang dengan berat sekitar 8 kg dan tinggi jatuh ± 575 mm.
- Bagian tengah, berupa landasan penahan penumbuk yang terbuat dari baja, dilengkapi dengan cincin peredam kejut dan pegangan pelindung mistar pengukur kedalaman.
- Bagian bawah, terdiri dari batang bawah dengan panjang ± 90 cm, batang penyambung, mistar berskala untuk membaca kedalaman penetrasi, serta ujung konus baja berbentuk kerucut dengan sudut 60° yang berfungsi menembus lapisan tanah dasar.



Gambar 1. Alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

Peralatan bantu yang digunakan meliputi cangkul, sekop, palu, pahat, linggis, pita ukur, kunci pas, formulir pencatatan lapangan, serta alat tulis. Peralatan bantu digunakan untuk membuka lapisan perkerasan, meratakan permukaan uji, serta mencatat hasil pengujian. Pelaksanaan pengujian DCP dilakukan oleh tiga orang, yaitu satu orang bertugas memegang dan menjaga posisi alat agar tetap tegak, satu orang bertugas mengangkat dan menjatuhkan penumbuk, serta satu orang bertugas mencatat jumlah tumbukan dan kedalaman penetrasi.

4) Tahapan Pelaksanaan Pengujian DCP

Tahapan pelaksanaan pengujian tanah dasar menggunakan DCP dilakukan sebagai berikut:

a) Persiapan Alat dan Lokasi

Seluruh bagian alat DCP dirangkai dan dipastikan terpasang dengan kuat. Lokasi titik uji ditentukan pada ruas jalan yang mewakili kondisi tanah dasar. Permukaan jalan dibersihkan dan diratakan, serta lapisan perkerasan dibuka hingga mencapai tanah dasar apabila diperlukan.

b) Pelaksanaan Pengujian

Alat DCP diposisikan tegak lurus di atas permukaan tanah dasar. Pembacaan awal kedalaman dicatat, kemudian penumbuk diangkat hingga batas pegangan dan dijatuhkan secara bebas. Jumlah tumbukan dan kedalaman

penetrasi dicatat secara bertahap hingga mencapai kedalaman tertentu atau sesuai kebutuhan pengujian.



Gambar 2. Proses Pelaksanaan Pengujian

c) Pencatatan dan Interpretasi Data

Data hasil pengujian berupa jumlah tumbukan dan kedalaman penetrasi digunakan untuk menghitung nilai penetrasi per tumbukan. Nilai tersebut kemudian dikonversikan untuk memperkirakan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) tanah dasar sebagai indikator daya dukung tanah.



Gambar 3. Proses Penutupan Lubang Pengujian



Gambar 4. Proses Pencatatan Hasil Pengujian

d) Penutupan Lubang Uji

Setelah pengujian selesai, alat dilepas secara hati-hati dan lubang bekas pengujian ditutup kembali agar tidak membahayakan pengguna jalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) pada beberapa titik uji di ruas Jalan Desa Kalijambe, terlihat bahwa kondisi tanah dasar memiliki variasi daya dukung yang cukup signifikan antar lokasi. Pengujian dilakukan secara langsung di lapangan dengan melibatkan peserta pelatihan, sehingga selain menghasilkan data teknis, kegiatan ini juga berfungsi sebagai media pembelajaran praktis.

Hasil pengujian pada STA 3+400 menunjukkan nilai penetrasi DCP yang relatif lebih kecil dibandingkan STA 3+450. Nilai DCP yang lebih kecil mengindikasikan tanah dasar yang lebih padat dan memiliki daya dukung yang lebih baik. Konversi nilai DCP ke dalam nilai CBR menunjukkan bahwa tanah dasar pada STA 3+400 berada pada kategori CBR sedang, sehingga masih layak digunakan sebagai tanah dasar perkerasan jalan dengan perencanaan lapisan perkerasan yang sesuai.


Sebaliknya, pada STA 3+450, nilai DCP yang diperoleh cenderung lebih besar, yang menandakan penetrasi alat lebih dalam pada setiap tumbukan. Hal ini menunjukkan bahwa tanah dasar pada lokasi tersebut memiliki kepadatan yang lebih rendah. Nilai CBR hasil konversi berada pada kategori CBR rendah hingga sedang, sehingga tanah dasar pada STA 3+450 berpotensi mengalami deformasi apabila menerima beban lalu lintas tanpa perbaikan struktur perkerasan.

Perbedaan hasil pengujian ini memperlihatkan bahwa kondisi tanah dasar tidak bersifat homogen sepanjang ruas jalan desa. Oleh karena itu, penggunaan satu asumsi nilai daya dukung tanah untuk seluruh ruas jalan dapat menyebabkan ketidaktepatan dalam perencanaan perkerasan. Hasil ini menegaskan pentingnya pengujian tanah dasar secara langsung dan merata di beberapa titik sebelum pelaksanaan pembangunan atau peningkatan jalan desa.

Dari sisi kegiatan pengabdian kepada masyarakat, pelatihan ini memberikan pengalaman langsung kepada aparatur desa dan masyarakat dalam membaca serta menginterpretasikan data hasil uji DCP. Peserta mampu memahami hubungan antara nilai DCP dan nilai CBR serta implikasinya terhadap perencanaan teknis jalan desa. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya menghasilkan data teknis, tetapi juga

meningkatkan kapasitas sumber daya manusia desa dalam mendukung pembangunan infrastruktur yang berbasis data lapangan.


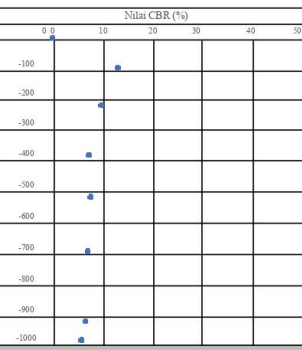
Gambar 5. Hasil Pengujian Nilai CBR dengan (DCP) STA 3+450

KONTRAKTOR							
 MM GROUP							
PEMBANGUNAN JALAN							
Pekerjaan Lokasi		: RESERVASI JALAN BALAMOA-KRAMAT					
Taggal test		: 10-Jan-26					
Di Test Oleh		: Firman, Ellen, Ardi					
STA		: 3+450					
Koms		: 30° ; log (CBR) = 1,353-1,125 lg DCP (mm/Tumbukan)					
PENGUJIAN NILAI CBR DENGAN DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP)							
No	Banyak Tumbukan <i>A</i>	Kumulatif Tumbukan <i>B</i>	Kumulatif Penetrasi (mm) <i>C</i>	Penetrasi Antar Bacaan (mm) <i>D</i>	DCP (mm/tumbukan) <i>E = C/B</i>	CBR (%) $F = 10^{(2,1125 - 1,313 \cdot \log(E))}$	Grafik CBR <i>G</i>
	5	5	130	130	26,0	7,69	
	5	10	330	200	33,0	5,88	
	5	15	520	190	34,7	5,56	
	5	20	700	180	35,0	5,50	
	5	25	970	270	38,8	4,90	
	1	26	1000	30	38,5	4,95	
RATA - RATA						5,75	

Berdasarkan hasil pengujian tanah dasar menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) pada STA 3+450, diperoleh nilai penetrasi DCP yang bervariasi pada setiap interval pengujian. Pada STA 3+450, nilai DCP yang diperoleh berada pada kisaran 26,0 mm/tumbukan hingga 38,8 mm/tumbukan. Hasil konversi menggunakan persamaan hubungan DCP–CBR menghasilkan nilai CBR berkisar antara 4,90% sampai 7,69%, dengan nilai CBR rata-rata sebesar 5,75%. Nilai ini menunjukkan bahwa tanah dasar pada STA 3+450 termasuk dalam kategori daya dukung rendah hingga sedang. Nilai CBR yang relatif kecil mengindikasikan bahwa tanah dasar memiliki kepadatan yang kurang baik dan tingkat kekuatan yang terbatas dalam menahan beban lalu lintas secara langsung.

Dengan demikian, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa tanah dasar pada STA 3+450 belum cukup kuat apabila digunakan tanpa perencanaan perkerasan yang memadai. Oleh karena itu, pada lokasi ini diperlukan perencanaan struktur perkerasan yang tepat, baik melalui penambahan ketebalan lapisan perkerasan maupun tindakan perbaikan tanah dasar, agar jalan dapat berfungsi secara optimal dan memiliki umur layanan yang lebih panjang.

Gambar 6. Hasil Pengujian Nilai CBR dengan (DCP) STA 3+400

KONTRAKTOR							
							
MMGROUP							
PEMBANGUNAN JALAN							
Pekerjaan Lokasi		: RESERVASI JALAN BALAMOA-KRAMAT					
Taggal test		: 10-Jan-26					
Di Test Oleh		: Firman, Ellen, Ardi					
STA		: 3+400					
Konus		: 30° : log (CBR) = 1,353-1,125 lg DCP (mm/Tumbukan)					
PENGUJIAN NILAI CBR DENGAN DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP)							
No	Banyak Tumbukan A	Kumulatif Tumbukan B	Kumulatif Penetrasi (mm) C	Penetrasi Antar Bacaan (mm) D	DCP (mm/tumbukan) E = CB	CBR (%) $F = 10^{(2,8135 - 1,313 \cdot \text{LOG}_{10}(E))}$	Grafik CBR G
	5	5	100	100	20,0	10,34	
	5	10	210	110	21,0	9,78	
	5	15	400	190	26,7	7,45	
	5	20	520	120	26,0	7,69	
	5	25	700	180	28,0	7,08	
	5	30	940	240	31,3	6,62	
	2	32	1000	60	31	6,25	
RATA-RATA						7,89	

Berdasarkan hasil pada STA 3+400, nilai DCP tercatat pada kisaran 20,0 mm/tumbukan hingga 31,3 mm/tumbukan. Hasil konversi menunjukkan nilai CBR berkisar antara 6,25% sampai 10,34%, dengan CBR rata-rata sebesar 7,89%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan STA 3+450, yang menunjukkan bahwa kondisi tanah dasar pada STA 3+400 relatif lebih padat dan memiliki daya dukung yang lebih baik.

Perbandingan kedua lokasi menunjukkan bahwa STA 3+400 memiliki kondisi tanah dasar yang lebih baik dibandingkan STA 3+450, ditunjukkan oleh nilai DCP yang lebih kecil dan nilai CBR rata-rata yang lebih tinggi. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa kondisi tanah dasar sepanjang ruas jalan tidak homogen, sehingga diperlukan pengujian pada beberapa titik untuk memperoleh gambaran daya dukung tanah yang representatif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan pelatihan penggunaan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) serta data pengujian lapangan, dapat disimpulkan bahwa kondisi tanah dasar pada ruas jalan yang diuji memiliki daya dukung yang relatif rendah hingga sedang, dengan nilai CBR hasil konversi DCP umumnya berada pada kisaran $\pm 5\%$ –10%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah dasar belum sepenuhnya memadai untuk menahan beban lalu lintas tanpa adanya perbaikan atau perkuatan struktur perkerasan, sehingga memerlukan perhatian khusus dalam tahap perencanaan teknis perkerasan jalan.

Pelaksanaan pelatihan DCP pada Ruas Jalan Desa Kalijambe telah berjalan dengan baik dan efektif. Aparatur desa serta masyarakat peserta pelatihan mampu memahami prinsip kerja alat DCP, prosedur pengujian di lapangan, serta cara

membaca dan menginterpretasikan data hasil pengujian untuk menentukan nilai CBR tanah dasar. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kapasitas sumber daya manusia desa dalam penguasaan metode pengujian tanah dasar yang sederhana, cepat, dan aplikatif.

Dengan tersedianya data daya dukung tanah dasar berbasis hasil uji DCP, proses perencanaan dan pengambilan keputusan teknis pembangunan atau peningkatan kualitas jalan desa dapat dilakukan secara lebih terukur, efisien, dan berbasis data lapangan. Oleh karena itu, penggunaan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) direkomendasikan sebagai metode pengujian awal yang praktis dan ekonomis untuk mendukung pembangunan infrastruktur jalan desa yang berkelanjutan.

Saran

Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan pelatihan serta temuan teknis pengujian tanah dasar menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Bagi pemerintah desa, disarankan untuk melakukan pengujian DCP secara berkala pada beberapa titik ruas jalan sebelum pelaksanaan pembangunan maupun pemeliharaan, sehingga perencanaan tebal perkerasan dapat disesuaikan dengan kondisi daya dukung tanah yang sebenarnya.
2. Bagi perencana teknis jalan, hasil nilai CBR yang tergolong rendah hingga sedang perlu ditindaklanjuti dengan perbaikan tanah dasar, seperti pemadatan ulang, stabilisasi tanah (kapur/semen), atau penambahan lapisan pondasi, agar kerusakan dini perkerasan dapat diminimalkan.
3. Bagi aparaturnya dan masyarakat desa, perlu adanya pelatihan lanjutan atau pendampingan teknis secara periodik untuk memperdalam kemampuan interpretasi data DCP serta pengolahan hasil uji menjadi dasar pengambilan keputusan teknis.
4. Bagi perguruan tinggi atau tim pengabdian selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan program pengabdian yang lebih komprehensif, misalnya dengan integrasi pelatihan perencanaan tebal perkerasan jalan, manajemen pemeliharaan jalan desa, serta penggunaan alat uji lapangan lainnya.
5. Bagi penelitian atau kegiatan pengabdian berikutnya, disarankan untuk menambah jumlah titik uji dan membandingkan hasil DCP dengan uji laboratorium (CBR laboratorium atau uji kepadatan tanah) guna meningkatkan akurasi data serta validitas evaluasi daya dukung tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM International. (2010). *Standard test method for use of the dynamic cone penetrometer in shallow pavement applications (ASTM D6951/D6951M-09)*. ASTM International.
- [2] Departemen Pekerjaan Umum. (2017). *Manual desain perkerasan jalan (MDPJ) revisi 2017*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [3] Hardiyatmo, H. C. (2012). *Mekanika tanah I* (Edisi ke-6). Gadjah Mada University Press.
- [4] Hardiyatmo, H. C. (2015). *Perancangan perkerasan jalan dan penyelidikan tanah*. Gadjah Mada University Press.
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2020). *Spesifikasi umum bina marga 2018 revisi 2*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- [6] Livneh, M., & Ishai, I. (1987). The relationship between in-situ CBR tests and dynamic cone penetration tests. In *Proceedings of the 8th Asian Regional*

- Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering* (Vol. 2, pp. 257–260).
- [7] Scala, A. J. (1956). Simple methods of flexible pavement design using cone penetrometers. *New Zealand Engineering*, 11(2), 34–44.
- [8] Sukirman, S. (1999). *Perkerasan lentur jalan raya*. Nova.
- [9] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan. (2004). Pemerintah Republik Indonesia.
- [10] Yoder, E. J., & Witczak, M. W. (1975). *Principles of pavement design* (2nd ed.). John Wiley & Sons.