

Plagiarism Report

224-232_Modifikasi_Alalat_Uji_Permeabilitas_Falling_Head_untuk_Evaluasi_Permeabilitas.pdf

Document Details

Submission ID	File Size
6ac1a67942cf699c7f2980f1	762.8 KB
File Name	Total Pages
224-232_Modifikasi_Alalat_Uji_Permeabilitas_Falling_Head_untuk_Evaluasi_Permeabilitas.pdf	9 Pages
Account Name	Total Words
ITentix Plagiarism	3,963 Words
Submission Date	Total Characters
4 Oct 2026, 08:06 GMT+7	33,042 Characters
Release Date	
4 Oct 2026, 08:06 GMT+7	

Filter Options

Filter settings used in this submission report.

- Exclude Bibliography
- Exclude Quoted Text

4%
Similarity

19
Matched Sources

Match Group

0% Internet sources
4% Publications
0% Submitted works (Student papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission.

1	Publication	<1%
www.jurnal.uniyap.ac.id		
2	Publication	<1%
ojs.uma.ac.id		
3	Publication	<1%
ojs.uniska-bjm.ac.id		
4	Publication	<1%
journal.univetbantara.ac.id		
5	Publication	<1%
www.nature.com		
6	Publication	<1%
jurnal.unpad.ac.id		
7	Publication	<1%
ejournal.poltekbangsby.ac.id		
8	Publication	<1%
journal.uny.ac.id		
9	Publication	<1%
ejournal.poltek-amimedan.ac.id		
10	Publication	<1%
www.nature.com		
11	Publication	<1%
journal.eng.unila.ac.id		

12	Publication	<1%
journal.itny.ac.id		
13	Publication	<1%
jahe.or.id		
14	Publication	<1%
ojs.uniska-bjm.ac.id		
15	Publication	<1%
journal.unibos.ac.id		
16	Publication	<1%
talenta.usu.ac.id		
17	Publication	<1%
scholar.unand.ac.id		
18	Publication	<1%
digilib.unila.ac.id		
19	Publication	<1%
repository.uin-suska.ac.id		



Modifikasi Alat Uji Permeabilitas Falling Head untuk Evaluasi Permeabilitas Tanah Dasar pada Pembangunan Jalan Desa Rigid

Annisa Azhar Firdausi^{1)*}, Iwan Ristanto²⁾, Tantin Pristyawati³⁾, Retno Tri Nalarsih⁴⁾, Rida Handiana Devi⁵⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Veteran Bangun Nusantara¹⁻⁵

Korespondensi*, Email: annisaazharf@gmail.com

Abstract

Soil permeability is a critical geotechnical parameter that influences the performance and service life of rigid pavement systems, particularly in rural road infrastructure projects. The construction of rigid pavements may alter the pore structure of subgrade soils through compaction processes, thereby affecting water infiltration and drainage characteristics. This study aims to evaluate the soil permeability coefficient using a modified falling head permeability apparatus and to assess its applicability in a rural rigid pavement construction project located in Purwosari Village, Wonogiri Regency, Indonesia. A field experimental approach was employed using five testing points at a depth of approximately 30 cm below the subgrade surface. Permeability measurements were conducted by recording the decline of water head in a standpipe over a specified time interval, and the hydraulic conductivity coefficient was subsequently calculated using a falling head equation adapted to the modified apparatus configuration. The results indicated that the permeability coefficient ranged from 1.094×10^{-5} to 5.717×10^{-5} cm/s, with an average value of 2.074×10^{-5} cm/s. These values correspond to a very low permeability classification, indicating limited infiltration capacity of the subgrade soil. While such conditions may reduce the risk of internal erosion, adequate surface drainage systems remain essential to prevent water accumulation beneath the pavement structure. The modified apparatus demonstrated reliable field performance, produced consistent measurements, and offers potential as an appropriate and cost-effective technology for subgrade evaluation in rural infrastructure projects. Future studies are recommended to validate the device against standard laboratory permeability tests and integrate digital sensors to improve measurement accuracy and data acquisition efficiency.

Keywords: soil permeability, falling head test, modified permeability apparatus, rigid pavement, rural roads, subgrade soil.

Abstrak

Permeabilitas tanah merupakan parameter penting yang memengaruhi kinerja dan umur layanan perkerasan kaku (rigid pavement), terutama pada pembangunan jalan desa. Konstruksi jalan rigid berpotensi mengubah struktur pori tanah akibat proses pemadatan sehingga memengaruhi kemampuan tanah dalam meloloskan air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai koefisien permeabilitas tanah menggunakan alat uji modifikasi berbasis prinsip falling head serta mengevaluasi penerapannya pada lokasi pembangunan jalan desa rigid di Desa Purwosari, Kabupaten Wonogiri. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimen lapangan dengan lima titik pengujian pada kedalaman ± 30 cm dari permukaan tanah dasar. Pengukuran dilakukan dengan mencatat penurunan muka air pada tabung ukur (standpipe) terhadap waktu, kemudian nilai koefisien permeabilitas dihitung menggunakan persamaan falling head yang telah disesuaikan dengan konfigurasi alat modifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai permeabilitas tanah berkisar antara $1,094 \times 10^{-5}$ hingga $5,717 \times 10^{-5}$ cm/s dengan nilai rata-rata $2,074 \times 10^{-5}$ cm/s. Nilai tersebut termasuk kategori permeabilitas sangat rendah yang menunjukkan kemampuan infiltrasi tanah yang terbatas. Kondisi ini menguntungkan dalam mengurangi risiko erosi internal, namun memerlukan sistem drainase yang memadai untuk mencegah genangan air. Selain menghasilkan data yang konsisten, alat uji modifikasi terbukti praktis digunakan di lapangan dan berpotensi menjadi teknologi tepat guna untuk evaluasi tanah dasar pada proyek

infrastruktur pedesaan. Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk melakukan validasi terhadap metode laboratorium standar dan mengembangkan sistem pencatatan data berbasis sensor digital guna meningkatkan akurasi pengukuran.

Kata Kunci: permeabilitas tanah, falling head test, modifikasi alat, jalan desa rigid, tanah dasar.

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan desa merupakan salah satu instrumen penting dalam meningkatkan konektivitas wilayah, memperlancar distribusi hasil pertanian, memperkuat akses pelayanan publik, dan mendorong pertumbuhan ekonomi masyarakat pedesaan. Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan perkerasan kaku (rigid pavement) pada jalan desa semakin meningkat karena memiliki daya dukung yang tinggi, umur layanan yang relatif panjang, serta kebutuhan pemeliharaan yang lebih rendah dibandingkan perkerasan lentur (Achmad, 2024; Rachman & ST, 2025). Keberhasilan konstruksi jalan rigid tidak hanya ditentukan oleh kualitas material perkerasan, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah dasar (subgrade) yang berfungsi sebagai lapisan pendukung utama struktur jalan (Hardiyatmo, 2012; Das, 2018; Das, 2019). Salah satu parameter geoteknik yang sangat penting dalam mengevaluasi kondisi tanah dasar adalah permeabilitas tanah. Permeabilitas merupakan kemampuan tanah untuk meloloskan air melalui sistem pori yang dimilikinya dan dipengaruhi oleh ukuran butir, distribusi gradasi, porositas, tingkat kepadatan, serta kondisi struktur tanah (Nurwidyanto et al., 2006; Hakim et al., 2000; Braja, 1993). Nilai permeabilitas yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko erosi internal, kehilangan material halus, serta penurunan daya dukung tanah akibat aliran air yang berlebihan. Sebaliknya, permeabilitas yang terlalu rendah dapat menyebabkan akumulasi air di bawah struktur perkerasan sehingga meningkatkan potensi kerusakan akibat tekanan pori dan genangan berkepanjangan (Putri et al., 2025;

Sembiring et al., 2024; Hura & Gulo, 2024). Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa karakteristik permeabilitas tanah dipengaruhi oleh sifat fisik dan mekanik tanah. Nurwidyanto et al. (2006) menemukan bahwa ukuran butir memiliki hubungan langsung dengan porositas dan permeabilitas media berbutir. Wong et al. (2016) menunjukkan bahwa proses stabilisasi tanah menggunakan semen, abu gambut, dan pasir silika dapat mengubah karakteristik aliran air secara signifikan. Penelitian Amran (2015) membuktikan bahwa penambahan abu sekam padi pada tanah lempung mampu mempengaruhi nilai permeabilitas tanah, sedangkan Nasution et al. (2017) menunjukkan bahwa aktivitas mikroba dapat menurunkan permeabilitas sekaligus meningkatkan kuat geser tanah lanau. Penelitian Monica (2023) juga memperlihatkan bahwa tingkat kepadatan tanah memiliki hubungan erat dengan perubahan kemampuan infiltrasi dan permeabilitas tanah. Dalam konteks infrastruktur jalan, perubahan kondisi tanah akibat proses konstruksi merupakan faktor yang perlu diperhatikan. Aktivitas pemadatan tanah dasar, pengurugan, serta perubahan distribusi ukuran partikel selama pembangunan jalan berpotensi mengubah struktur pori tanah sehingga mempengaruhi nilai permeabilitasnya (Yumardi et al., 2024; Cikmit et al., 2024; Mustika et al., 2025). Perubahan tersebut pada akhirnya dapat mempengaruhi kinerja sistem drainase bawah permukaan, stabilitas tanah dasar, dan umur layanan perkerasan jalan. Oleh karena itu, evaluasi permeabilitas tanah pada lokasi pembangunan jalan desa menjadi aspek penting dalam mendukung pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan. Metode pengujian permeabilitas yang umum digunakan meliputi constant head test dan

falling head test. Pengujian constant head umumnya diterapkan pada tanah berbutir kasar dengan laju aliran relatif tinggi (ASTM D2434-68, 2006; Tamimi et al., 2025), sedangkan metode falling head lebih sesuai untuk tanah berbutir halus seperti lanau dan lempung karena mampu mengukur laju aliran yang rendah secara lebih akurat (Yunianta et al., 2022; Tangdiombo et al., 2021). Metode falling head telah banyak digunakan pada penelitian laboratorium maupun lapangan untuk mengevaluasi karakteristik hidrolik tanah dan material berpori (Putri et al., 2025; Hadiananto et al., 2022; Hidayah et al., 2025). Meskipun penelitian mengenai permeabilitas tanah telah berkembang cukup luas, sebagian besar studi masih berfokus pada pengaruh material stabilisasi, karakteristik butiran, atau pengujian laboratorium menggunakan peralatan standar (Wong et al., 2016; Amran, 2015; Nasution et al., 2017; Tangdiombo et al., 2021). Penelitian yang secara khusus mengembangkan alat uji permeabilitas falling head yang portabel dan dapat digunakan secara langsung pada lokasi pembangunan jalan desa masih sangat terbatas. Selain itu, kajian mengenai dampak pembangunan jalan rigid terhadap perubahan karakteristik permeabilitas tanah dasar pada lingkungan pedesaan juga belum banyak dilaporkan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya research gap baik dari aspek pengembangan instrumen pengujian maupun penerapannya pada proyek infrastruktur desa. Urgensi penelitian ini semakin meningkat seiring bertambahnya pembangunan jalan desa yang didanai melalui Dana Desa dan berbagai program pembangunan wilayah. Evaluasi kondisi tanah dasar yang cepat, murah, dan akurat sangat diperlukan untuk mendukung pengambilan keputusan teknis di lapangan, terutama pada wilayah yang memiliki keterbatasan akses terhadap fasilitas laboratorium geoteknik. Selain itu, informasi mengenai perubahan permeabilitas tanah pascakonstruksi dapat

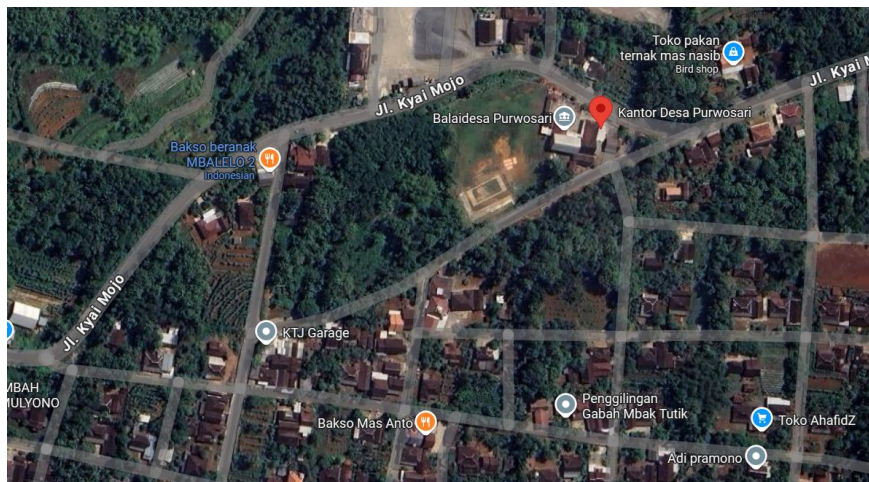
digunakan sebagai dasar dalam perencanaan sistem drainase, mitigasi kerusakan perkerasan, serta pengelolaan limpasan air hujan (Setiawan et al., 2023; Sari & Mochtar, 2025; Rebekka et al., 2023). Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pengembangan alat uji permeabilitas berbasis prinsip falling head yang dimodifikasi menjadi lebih portabel, mudah dipasang, dan dapat dioperasikan secara langsung di lapangan pada lokasi pembangunan jalan desa. Selain itu, penelitian ini mengintegrasikan evaluasi kinerja alat modifikasi dengan analisis kondisi permeabilitas tanah dasar pada area pembangunan jalan rigid di lingkungan pedesaan, yang masih jarang dilaporkan pada penelitian sebelumnya. Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah: (1) merancang dan menguji kinerja alat uji permeabilitas tanah berbasis prinsip falling head yang telah dimodifikasi untuk kebutuhan pengujian lapangan; (2) menentukan nilai koefisien permeabilitas tanah pada lokasi pembangunan jalan desa rigid di Desa Purwosari, Kabupaten Wonogiri; serta (3) mengevaluasi potensi penggunaan alat modifikasi sebagai teknologi tepat guna untuk mendukung investigasi geoteknik dan pengambilan keputusan teknis pada proyek infrastruktur pedesaan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen lapangan dengan pendekatan kuantitatif untuk mengevaluasi nilai permeabilitas tanah pada lokasi pembangunan jalan desa berperkerasan kaku (rigid pavement) menggunakan alat uji permeabilitas yang dimodifikasi berdasarkan prinsip falling head. Penelitian dilaksanakan di Desa Purwosari, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah, yang merupakan salah satu lokasi pembangunan jalan desa yang didanai melalui program Dana Desa (DD). Secara geografis lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1,

sedangkan kondisi pembangunan jalan rigid yang menjadi objek penelitian diperlihatkan pada Gambar 2. Pemilihan lokasi didasarkan pada keberadaan proyek pembangunan jalan desa yang masih aktif serta kondisi tanah dasar yang representatif untuk dilakukan pengujian permeabilitas lapangan. Penelitian menggunakan alat uji permeabilitas hasil modifikasi yang dirancang agar lebih ringan, mudah dibawa, dan dapat dioperasikan langsung di lapangan. Peralatan utama terdiri atas tabung ukur akrilik berskala sebagai manometer, silinder pengujian tanah, katup pengatur aliran, sistem sambungan cepat (quick coupling), stopwatch, meteran, serta peralatan pendukung berupa ember, wadah air, dan hand auger. Sampel tanah yang digunakan merupakan tanah asli dari lokasi penelitian yang diambil pada kedalaman sekitar 30 cm dari permukaan tanah dasar. Rancangan alat uji yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3. Pelaksanaan penelitian

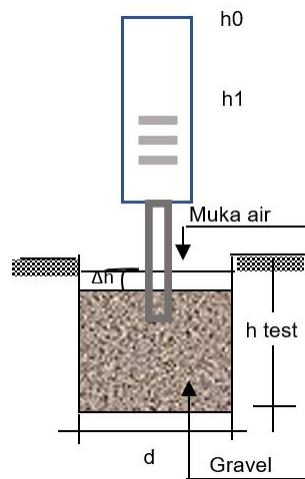
diawali dengan survei lapangan untuk menentukan titik pengujian yang mewakili kondisi tanah dasar di sekitar lokasi pembangunan jalan. Titik pengujian dipilih secara purposif dengan mempertimbangkan keseragaman kondisi tanah, aksesibilitas lokasi, dan kedekatannya terhadap badan jalan yang dibangun. Setelah lokasi pengujian ditentukan, dilakukan pengambilan sampel tanah secara tidak terganggu (undisturbed sample) untuk mempertahankan kondisi alami struktur tanah. Sebelum pengujian dilakukan, seluruh komponen alat dirakit dan diperiksa untuk memastikan tidak terdapat kebocoran pada sambungan maupun katup pengatur aliran. Tabung ukur kemudian diisi air hingga mencapai tinggi muka air awal yang telah ditentukan. Pada setiap titik pengujian dibuat lubang dengan dimensi yang sesuai dengan spesifikasi alat, kemudian tanah dijenuhkan terlebih dahulu untuk memperoleh kondisi aliran yang lebih stabil.



Gambar 1. Desa Purwosari, Kecamatan Wonogiri, Kabupaten Wonogiri



Gambar 2. Kegiatan pembangunan jalan desa yang dibiayai melalui Dana Desa (DD)



Gambar 3. Sketsa alat uji permeabilitas tanah metode falling head hasil modifikasi

Setelah kondisi jenuh tercapai, katup pengatur aliran dibuka sehingga air dari tabung ukur mengalir menuju media tanah. Bersamaan dengan itu dilakukan pencatatan waktu penurunan muka air menggunakan stopwatch hingga mencapai ketinggian akhir yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali pada titik yang berbeda untuk memperoleh data yang lebih representatif terhadap kondisi tanah di lokasi penelitian. Data yang diperoleh berupa tinggi muka air awal, tinggi muka air akhir, volume air yang mengalir, waktu pengujian, kedalaman lubang, dan diameter lubang pengujian. Seluruh data tersebut kemudian digunakan untuk menentukan nilai koefisien permeabilitas tanah berdasarkan prinsip aliran pada metode falling head. Nilai permeabilitas yang diperoleh selanjutnya dikoreksi terhadap suhu standar pengujian dan dianalisis secara deskriptif untuk memperoleh nilai minimum, maksimum, dan rata-rata permeabilitas tanah pada lokasi penelitian. Hasil perhitungan koefisien permeabilitas kemudian dibandingkan dengan klasifikasi permeabilitas tanah yang umum digunakan dalam bidang geoteknik untuk menentukan kategori tingkat permeabilitas tanah pada lokasi pembangunan jalan desa. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan tanah dalam meloloskan air serta mengidentifikasi implikasinya terhadap kinerja tanah dasar dan sistem

drainase pada konstruksi jalan rigid. Selain itu, efektivitas alat modifikasi juga dievaluasi berdasarkan kemudahan penggunaan di lapangan, konsistensi hasil pengukuran, dan kesesuaiannya sebagai teknologi tepat guna untuk investigasi geoteknik pada wilayah pedesaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian permeabilitas tanah pada penelitian ini dilakukan secara langsung di lapangan menggunakan alat uji hasil modifikasi yang dikembangkan berdasarkan prinsip falling head test. Penggunaan alat modifikasi bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas pengujian pada lokasi pedesaan yang memiliki keterbatasan akses terhadap fasilitas laboratorium geoteknik. Selama pelaksanaan penelitian, alat mampu beroperasi dengan baik tanpa mengalami kebocoran maupun gangguan aliran yang dapat memengaruhi hasil pengukuran. Dokumentasi kegiatan pengujian di lokasi pembangunan jalan desa rigid ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh parameter yang diperlukan untuk menentukan koefisien permeabilitas tanah dapat diperoleh secara konsisten, meliputi kedalaman lubang uji, diameter lubang, volume air yang dialirkan, tinggi muka air awal dan akhir, serta waktu penurunan muka air.



Gambar 4. Pengujian Permeabilitas Tanah Menggunakan Alat Modifikasi Falling Head pada Lokasi Jalan Desa Rigid

Parameter-parameter tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai koefisien permeabilitas yang telah dikoreksi pada suhu standar 20°C. Rekapitulasi hasil pengukuran dan perhitungan koefisien permeabilitas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Permeabilitas Tanah Metode Falling Head Modifikasi

No.	Parameter	Tes 1	Tes 2	Tes 3	Tes 4	Tes 5
1	Kedalaman Lubang, h (cm)	30	30	30	30	30
2	Setengah Diameter Lubang, r (cm)	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
3	Volume Air, Q (cc)	34	8.5	8.5	8.5	8.5
4	Tinggi Muka Air Awal, h_0 (cm)	26	25.6	25.5	25.4	25.3
5	Tinggi Muka Air Akhir, h_1 (cm)	25.6	25.5	25.4	25.3	25.2
6	Tinggi Air dari Dasar Tanah, h_{test} (cm)	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1
7	Waktu Pengujian, t (s)	101	115	122	129	132
8	Debit Relatif, Q/t (cc/s)	0.337	0.074	0.07	0.066	0.064
9	Faktor Geometri, $2\pi(h_{test})^2$	5284.2	5284.2	5284.2	5284.2	5284.2
10	Rasio h/r	3.867	3.867	3.867	3.867	3.867
11	$\sqrt{1 + (h/r)^2}$	3.994	3.994	3.994	3.994	3.994
12	$(h/r) + \sqrt{1 + (h/r)^2}$	7.861	7.861	7.861	7.861	7.861
13	$2.3 \log(10)$	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06
14	$(Q/t)/[2\pi(h_{test})^2]$	6.371×10^{-5}	1.399×10^{-5}	1.319×10^{-5}	1.247×10^{-5}	1.219×10^{-5}
15	Nilai k sebelum koreksi (cm/s)	6.750×10^{-5}	1.482×10^{-5}	1.397×10^{-5}	1.321×10^{-5}	1.291×10^{-5}
16	Suhu Pengujian (°C)	27	27	27	27	27
17	Faktor Koreksi Suhu ($mT/m20$)	0.847	0.847	0.847	0.847	0.847
18	Koefisien Permeabilitas Terkoreksi, K_{20} (cm/s)	5.717×10^{-5}	1.255×10^{-5}	1.183×10^{-5}	1.119×10^{-5}	1.094×10^{-5}

Berdasarkan hasil pengujian pada lima titik pengamatan, diperoleh nilai koefisien permeabilitas tanah berkisar antara $1,094 \times 10^{-5}$ cm/s hingga $5,717 \times 10^{-5}$ cm/s dengan nilai rata-rata sebesar $2,074 \times 10^{-5}$ cm/s.

Nilai tertinggi diperoleh pada pengujian pertama, sedangkan nilai terendah diperoleh pada pengujian kelima. Variasi nilai permeabilitas tersebut menunjukkan adanya perbedaan karakteristik lokal tanah,

meskipun secara umum seluruh sampel masih berada dalam rentang permeabilitas yang relatif rendah. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh variasi distribusi ukuran butir, tingkat kepadatan tanah, kadar air alami, serta kondisi struktur pori pada masing-masing titik pengujian. Untuk memperoleh interpretasi yang lebih jelas

mengenai karakteristik hidraulik tanah pada lokasi penelitian, nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan klasifikasi permeabilitas tanah yang dikemukakan oleh Das dan United States Bureau of Reclamation (USBR). Klasifikasi tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Menurut Das dan USBR

Nilai Koefisien Permeabilitas (cm/s)	Kategori Permeabilitas	Jenis Tanah Umum
$> 10^{-1}$	Sangat Tinggi	Kerikil bersih, pasir sangat kasar
$10^{-2} - 10^{-1}$	Tinggi	Pasir kasar
$10^{-3} - 10^{-2}$	Sedang	Pasir sedang, pasir bercampur kerikil
$10^{-5} - 10^{-3}$	Rendah	Pasir halus, lanau berpasir
$10^{-7} - 10^{-5}$	Sangat Rendah	Lanau, tanah lempung
$< 10^{-7}$	Hampir Kedap	Lempung padat, lempung ekspansif

Berdasarkan klasifikasi pada Tabel 2, nilai permeabilitas hasil pengujian berada pada rentang 10^{-5} cm/s sehingga termasuk dalam kategori permeabilitas sangat rendah (very low permeability). Rentang nilai tersebut umumnya dijumpai pada tanah lanau (silt) dan tanah lempung (clay soil) yang memiliki ukuran pori relatif kecil sehingga kemampuan meloloskan air berlangsung secara lambat. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah dasar pada lokasi pembangunan jalan desa rigid di Desa Purwosari memiliki kapasitas infiltrasi yang terbatas dan cenderung menahan air lebih lama dibandingkan tanah berbutir kasar. Karakteristik permeabilitas yang sangat rendah memberikan implikasi penting terhadap kinerja perkerasan kaku. Dari sisi stabilitas tanah dasar, kondisi ini relatif menguntungkan karena dapat mengurangi risiko erosi internal (internal erosion) akibat pergerakan air melalui pori tanah. Risiko kehilangan material halus (soil particle migration) yang sering terjadi pada tanah dengan permeabilitas tinggi juga menjadi lebih kecil. Kondisi tersebut mendukung kemampuan tanah dasar dalam mempertahankan daya dukung terhadap beban lalu lintas yang bekerja pada struktur perkerasan. Meskipun demikian, permeabilitas yang rendah juga memiliki konsekuensi teknis yang perlu diperhatikan. Kemampuan tanah yang

terbatas dalam meloloskan air berpotensi menyebabkan akumulasi air pada lapisan bawah perkerasan apabila sistem drainase tidak berfungsi secara optimal. Air yang terperangkap dalam jangka panjang dapat meningkatkan kadar air tanah dasar, menurunkan kekuatan geser, serta memicu kerusakan lokal pada struktur perkerasan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa pembangunan jalan desa rigid pada lokasi dengan karakteristik tanah serupa perlu diimbangi dengan sistem drainase permukaan dan drainase samping yang memadai agar limpasan air hujan dapat segera dialirkan keluar dari badan jalan. Dari aspek metodologi, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa alat uji permeabilitas hasil modifikasi mampu menghasilkan data yang relatif konsisten pada seluruh titik pengujian. Nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh masih berada dalam rentang yang logis dan sesuai dengan karakteristik tanah berbutir halus sebagaimana dilaporkan pada berbagai penelitian terdahulu. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi yang dilakukan tidak mengurangi kemampuan alat dalam mengukur parameter permeabilitas tanah, sekaligus memberikan keuntungan berupa kemudahan mobilisasi, pemasangan yang lebih cepat, dan efisiensi pelaksanaan pengujian di lapangan. Keunggulan lain dari

alat modifikasi ini adalah kemampuannya untuk diaplikasikan secara langsung pada proyek infrastruktur pedesaan yang umumnya memiliki keterbatasan akses terhadap laboratorium geoteknik. Dengan biaya yang relatif rendah dan prosedur pengoperasian yang sederhana, alat ini berpotensi menjadi teknologi tepat guna untuk mendukung evaluasi kondisi tanah dasar pada pembangunan jalan desa, saluran drainase, embung, maupun infrastruktur skala kecil lainnya. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah dasar pada lokasi pembangunan jalan desa rigid memiliki kategori permeabilitas sangat rendah dengan nilai rata-rata $2,074 \times 10^{-5}$ cm/s. Kondisi tersebut memberikan keuntungan berupa rendahnya risiko erosi internal, namun tetap memerlukan perhatian terhadap sistem drainase untuk mencegah terjadinya genangan dan peningkatan kadar air tanah. Selain itu, alat uji permeabilitas modifikasi berbasis prinsip falling head terbukti mampu digunakan secara efektif di lapangan dan memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai perangkat pengujian geoteknik yang praktis, ekonomis, dan sesuai dengan kebutuhan pembangunan infrastruktur pedesaan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menerapkan alat uji permeabilitas tanah berbasis prinsip falling head yang dimodifikasi untuk kebutuhan pengujian lapangan pada lokasi pembangunan jalan desa berperkerasan kaku di Desa Purwosari, Kabupaten Wonogiri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan dapat digunakan dengan baik di lapangan, mudah dioperasikan, serta mampu menghasilkan data permeabilitas yang konsisten tanpa memerlukan fasilitas laboratorium geoteknik yang kompleks. Berdasarkan lima kali pengujian, diperoleh nilai

koefisien permeabilitas tanah terkoreksi pada suhu 20°C berkisar antara $1,094 \times 10^{-5}$ cm/s hingga $5,717 \times 10^{-5}$ cm/s dengan nilai rata-rata sebesar $2,074 \times 10^{-5}$ cm/s. Berdasarkan klasifikasi permeabilitas tanah menurut Das dan USBR, nilai tersebut termasuk dalam kategori permeabilitas sangat rendah hingga batas bawah kategori permeabilitas rendah, yang umumnya menunjukkan karakteristik tanah lanau dan lempung dengan kemampuan meloloskan air yang terbatas. Karakteristik permeabilitas yang rendah memberikan keuntungan berupa berkurangnya risiko erosi internal dan perpindahan partikel halus pada tanah dasar, sehingga dapat mendukung stabilitas perkerasan jalan rigid. Namun demikian, kemampuan infiltrasi yang terbatas juga berpotensi menyebabkan akumulasi air di bawah perkerasan apabila sistem drainase tidak direncanakan dan dipelihara dengan baik. Oleh karena itu, pembangunan jalan desa pada lokasi dengan kondisi tanah serupa perlu disertai dengan penyediaan sistem drainase permukaan dan drainase samping yang memadai. Secara keseluruhan, alat uji permeabilitas modifikasi berbasis falling head yang dikembangkan dalam penelitian ini berpotensi menjadi teknologi tepat guna yang praktis, ekonomis, dan mudah diterapkan untuk investigasi geoteknik lapangan, khususnya pada proyek infrastruktur pedesaan yang memiliki keterbatasan akses terhadap fasilitas pengujian laboratorium. Selain itu, informasi permeabilitas yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan teknis dalam perencanaan konstruksi jalan, sistem drainase, dan pengelolaan air permukaan guna mendukung keberlanjutan infrastruktur desa.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, I. F. (2024). *Perkerasan jalan bab*. Dalam *Perancangan proyek perkerasan jalan* (hlm. 38).

- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2006). *Standard test method for permeability of granular soils (constant head) (ASTM D2434-68)*. ASTM International.
- Amran, Y. (2015). Campuran abu sekam padi (studi kasus tanah lempung Desa Rejomulyo Kecamatan Metro Selatan Kota Metro). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 5(1), 74–82.
- Cikmit, A. A., Sudisman, R. A., Hidayat, W., Guritno, B., & Andhika, M. B. (2024). Studi pengaruh batas Atterberg terhadap kuat geser tanah ekspansif dan non ekspansif. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 22(2), 119–126.
- Das, B. M. (2019). *Principles of geotechnical engineering* (9th ed.). Boston, MA: Cengage Learning.
- Das, S. (2018). *Principles of geotechnical engineering* (9th ed.). Boston, MA: Cengage Learning.
- Hadianto, F. E., Setiawan, A., & Riyanto, E. (2022). Kajian kuat tekan dan sifat hidraulik beton porous dengan bahan tambah abu batu. *Surya Beton: Jurnal Ilmu Teknik Sipil*, 6(2), 112–124.
- Hakim, R., Syarifuddin, A., Harahap, E. M., Sanjaya, A., & Syam, T. (2000). *Dasar-dasar ilmu tanah*. Lampung: Universitas Lampung.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Mekanika tanah I* (Edisi ke-6). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hidayah, M. R. N., Syarif, H. A., & Edison, B. (2025). Analisis substitusi sebagian semen dengan palm oil fuel ash (POFA) pada beton porous terhadap nilai kuat tekan dan permeabilitas. *Jurnal Taxiway*, 4(2), 32–44.
- Hura, J. K., & Gulo, M. (2024). Analisis permeabilitas tanah berpasir dan tanah lempung dalam hubungannya dengan manajemen irigasi. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(2), 60–67. <https://doi.org/10.70134/penarik.v1i1.63>
- Monica, S. (2023). Analisis tingkat kepadatan dan daya dukung tanah lempung ekspansif dengan penambahan material pasir. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil*, 1(1).
- Mustika, W., Fitriani, E. B., Apriyani, I., Minmahddun, A., Adityawan, M. H. D., Ridhayani, I., ... & Aswad, N. H. (2025). *Investigasi geoteknik*. Arsy Media.
- Nasution, M. S., Harahap, M., Lubis, M., & lainnya. (2017). Penurunan permeabilitas dan peningkatan kuat geser tanah lanau menggunakan pengaruh mikrobakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas* sp. *Cived*, 1391–1398.
- Nurwidyanto, M. I., Yustiana, M., & Widada, S. (2006). Pengaruh ukuran butir terhadap porositas dan permeabilitas pada batupasir. *Berkala Fisika*, 9(4), 191–195.
- Putri, A. D., Saleh, E., & Siswanto, A. (2025). Analisis tingkat resapan tanah berdasarkan pengukuran permeabilitas tanah pada Sub DAS Bendung Palembang. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 14(1), 1–10.
- Putri, D. A., La Ola, M. N., & Hidayat, A. (2025). Mechanical and permeability properties of no-fines concrete utilizing local gravel from Kali Merah, Kolaka for pavement applications. *Scale Journal of Civil Engineering*, 2(1), 40–45.
- Rachman, Y., & ST, M. (2025). *Material perkerasan jalan*. Dalam *Transportasi dan perkerasan jalan* (hlm. 40).
- Rebekka, P., Amaru, K., & Suryadi, E. (2023). Pemetaan sebaran lokasi erosi dan konservasi tanah dan air di daerah tangkapan air Embung Leuwi Padjadjaran II. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 27(2), 210–220.
- Sari, P. T. K., & Mochtar, I. B. (2025). *Efektivitas horizontal sub-drain dalam mitigasi longsor pada lereng*. Yogyakarta: Deepublish.
- Sembiring, N., Iswan, I., & Jafri, M. (2024). Analisis permeabilitas tanah berpasir dan tanah lempung dalam hubungannya dengan manajemen irigasi. *Penarik*, 1(2), 60–67. <https://doi.org/10.70134/penarik.v1i1.63>
- Setiawan, A., Yulistyorini, A., Rahayuningsih, T., & Idfi, G. (2023). Pengendalian air limpasan dengan ecodrainage untuk kawasan perumahan Podo Asih. *Dampak*, 20(2), 63–73.
- Tangdiombo, S. M., Tanan, B., & Wong, I. L. K. (2021). Analisis permeabilitas menggunakan metode falling head pada tanah dengan penambahan abu serabut kelapa. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(3), 353–360.
- Tamimi, A., Christianto, D., & Yuwono, A. (2025). Analisis pengaruh bentuk butiran pasir pada pengujian permeabilitas campuran tanah BSD metode constant head. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 1151–1164.
- Wong, W. L. S., Rahman, Z. A., Kasim, F., & lainnya. (2016). Permeability characteristics of compacted and stabilized clay with cement, peat ash and silica sand. *Compaction and Stabilization of Soil*, 52(1–2), 149–164.
- Yumardi, Y., Wijaya, S., Kutni, D., Rianto, D. J., & Marwadi, A. (2024). Derajat kepadatan lapis pondasi agregat tanpa penutup aspal menggunakan metode sand cone pada proyek rekonstruksi jalan Kecamatan Serai Serumpun. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(2), 797–806.
- Yunianta, A., Astari, M. D., Rochmawati, R., Sila, A. A., Widiati, I. R., Lapihan, F. E. P., & Mabui, D. S. S. (2022). *Pengujian tanah di laboratorium*. Yogyakarta: Tohar Media.