

Pengujian Permeabilitas Tanah Gambut Menggunakan Metode Falling Head di Laboratorium: Studi Kasus Lanskap Tanjung Leban

Marlaily Idris^{1*}, Indratmo Soekarno², Sigit Sutikno^{3,4}

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru, Indonesia

²Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

³Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM. 12,5, Pekanbaru, Indonesia

⁴Center for Peatland and Disaster Studies (CPDS), Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM. 12,5, Pekanbaru, Indonesia

*marlailyidris@unilak.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai konduktivitas hidrolik tanah gambut di lanskap Tanjung Leban menggunakan metode uji laboratorium falling head. Sampel tanah diambil dari dua jenis penggunaan lahan: restorasi dan perkebunan sawit. Pengujian dilakukan selama 60 menit dengan pencatatan penurunan tinggi muka air pada interval waktu tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai koefisien permeabilitas tanah gambut berkisar antara $2,569 \times 10^{-6}$ cm/detik hingga $1,331 \times 10^{-5}$ cm/detik. Tanah dari lahan sawit umumnya menunjukkan nilai permeabilitas lebih tinggi dibandingkan lahan restorasi. Temuan ini mengindikasikan bahwa aktivitas penggunaan lahan dapat memengaruhi struktur tanah dan sifat hidrauliknya. Nilai konduktivitas ini dapat dijadikan acuan dalam perencanaan tata kelola air untuk konservasi dan pemanfaatan lahan gambut secara berkelanjutan.

Kata kunci: Konduktivitas hidrolik, Falling head, Tanah gambut, Tanjung Leban.

1. Pendahuluan

Konduktivitas hidrolik merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan dan pengelolaan tata air lahan, terutama di kawasan lahan gambut. Tanah gambut memiliki struktur pori-pori yang kompleks dengan kandungan bahan organik yang tinggi, sehingga sifat hidrauliknya berbeda dibandingkan tanah mineral. Gambut memiliki kapasitas menahan air yang besar, namun juga rentan terhadap perubahan struktur jika terjadi drainase berlebihan atau pengeringan. Kondisi ini mempengaruhi laju infiltrasi dan aliran air tanah, yang pada akhirnya berdampak terhadap stabilitas lingkungan dan produktivitas lahan.

Seiring meningkatnya aktivitas budidaya di lahan gambut, terutama untuk perkebunan kelapa sawit, potensi gangguan hidrologi lahan menjadi semakin besar. Pemahaman terhadap nilai konduktivitas hidrolik menjadi salah satu dasar pengelolaan air berkelanjutan agar dapat meminimalkan risiko kerusakan gambut, mencegah kebakaran, dan menjaga fungsi ekologisnya. Oleh sebab itu, diperlukan pengujian karakteristik hidrolik tanah gambut secara teliti, baik di lapangan maupun di laboratorium.

Metode falling head adalah salah satu metode laboratorium yang banyak digunakan untuk mengukur koefisien permeabilitas tanah berbutir halus hingga sedang, termasuk tanah gambut. Metode ini relatif sederhana, praktis, dan mampu merepresentasikan laju aliran air melalui sampel tanah dalam kondisi terkontrol. Pengujian falling head dilakukan dengan menyalurkan air melalui sampel tanah di dalam tabung permeameter, kemudian mencatat perubahan tinggi muka air seiring waktu, untuk menghitung nilai koefisien permeabilitasnya.

Penelitian ini bertujuan memperoleh data nilai konduktivitas hidrolik tanah gambut di lanskap Tanjung Leban, yang mencakup kawasan restorasi dan kawasan perkebunan sawit. Data ini diharapkan menjadi dasar pertimbangan dalam perencanaan tata air lahan gambut yang berkelanjutan, serta mendukung strategi perlindungan ekosistem gambut di masa mendatang.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan metode uji permeabilitas laboratorium tipe **falling head**, yang sesuai untuk tanah berbutir halus hingga sedang seperti tanah gambut. Sampel tanah diambil dari kawasan lanskap Tanjung Leban, baik dari lahan restorasi maupun dari lahan perkebunan sawit.

Prosedur uji sebagai berikut:

- Sampel tanah dimasukkan ke dalam tabung permeameter dengan panjang (L) 11,5 cm dan radius 5,05 cm (diameter 10,1 cm).
- Penampang tabung air pengukur (a) sebesar 0,316 cm², sedangkan penampang tanah (A) sebesar 173,093 cm².
- Air dialirkan melalui pipa air hingga ketinggian awal tertentu (h₁), kemudian dibiarkan turun secara alami sambil dicatat tinggi muka air pada interval waktu 5, 10, 15, 30, dan 60 menit.
- Pengukuran diulang pada delapan sampel berbeda, baik dari lahan restorasi maupun sawit.
- Perhitungan koefisien permeabilitas (K) menggunakan persamaan metode falling head berikut:

$$K = \frac{a L}{A t} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad (1)$$

di mana:

a = luas penampang pipa air (cm²)

L = panjang sampel tanah (cm)

A = luas penampang sampel tanah (cm²)

t = waktu (detik)

h₁ = tinggi muka air awal (cm)

h₂ = tinggi muka air akhir (cm)

Analisis data dilakukan dengan merekap hasil perhitungan nilai (K) di setiap interval waktu, kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh karakteristik permeabilitas tiap sampel.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian laboratorium falling head dilakukan pada delapan sampel tanah yang diambil dari lokasi lahan restorasi dan lahan sawit di lanskap Tanjung Leban. Hasil pengukuran tinggi muka air dan perhitungan koefisien permeabilitas setiap interval waktu dirangkum pada tabel-tabel berikut.

Dengan nilai yang diketahui sebagai berikut:

L = 11,5 cm
R = 5,05 cm
a = 0,316 cm²
A = 173,093 cm²
h₁ = 100 cm

Tabel 1. Hasil Perhitungan Uji Permeabilitas pada Sampel 1

Sampel 1	Restorasi			
t(m)	t(s)	H(cm)	log h ₁ /h ₂	K (cm/dtk)
5	300	95,600	0,019	3,15 x 10 ⁻⁶
10	600	92,500	0,034	2,73 x 10 ⁻⁶
15	900	89,500	0,048	2,59 x 10 ⁻⁶
30	1800	82,100	0,086	2,30 x 10 ⁻⁶
60	3600	70,000	0,155	2,08 x 10 ⁻⁶
Rata-Rata				2,569 x 10 ⁻⁶

Tabel 2. Hasil Perhitungan Uji Permeabilitas pada Sampel 2

Sampel 2	Restorasi			
t(m)	t(s)	H(cm)	log h ₁ /h ₂	K (cm/dtk)
5	300	78,700	0,104	1.677 x 10 ⁻⁵
10	600	65,600	0,183	1.475 x 10 ⁻⁵
15	900	55,400	0,256	1.378 x 10 ⁻⁵
30	1800	34,200	0,466	1.252 x 10 ⁻⁵
60	3600	16,900	0,772	1.037 x 10 ⁻⁵
Rata-rata				1.364 x 10 ⁻⁵

Tabel 3. Hasil Perhitungan Uji Permeabilitas pada Sampel 3

Sampel 3	Sawit			
t(m)	t(s)	H(cm)	log h ₁ /h ₂	K (cm/dtk)
5	300	92,200	0,0353	5,684 x 10 ⁻⁶
10	600	85,800	0,067	5,359 x 10 ⁻⁶
15	900	80,000	0,097	5,206 x 10 ⁻⁶
30	1800	65,400	0,184	4,954 x 10 ⁻⁶

60	3600	45,200	0,345	$4,632 \times 10^{-6}$
Rata-Rata				$5,167 \times 10^{-6}$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Uji Permeabilitas pada Sampel 4

Sampel 4	Restorasi			
t(m)	t(s)	H(cm)	log h ₁ /h ₂	K (cm/dtk)
5	300	86,700	0,062	$9,989 \times 10^{-6}$
10	600	77,600	0,110	$8,875 \times 10^{-6}$
15	900	68,700	0,163	$8,759 \times 10^{-6}$
30	1800	48,300	0,316	$8,489 \times 10^{-6}$
60	3600	23,300	0,633	$8,496 \times 10^{-6}$
Rata-rata				$8,922 \times 10^{-6}$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Uji Permeabilitas pada Sampel 5

Sampel 5	Restorasi			
t(m)	t(s)	H(cm)	log h ₁ /h ₂	K (cm/dtk)
5	300	92,000	0,036	$5,840 \times 10^{-6}$
10	600	85,500	0,068	$5,482 \times 10^{-6}$
15	900	79,800	0,098	$5,265 \times 10^{-6}$
30	1800	65,400	0,184	$4,954 \times 10^{-6}$
60	3600	44,700	0,349	$4,697 \times 10^{-6}$
Rata-rata				$5,248 \times 10^{-6}$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Uji Permeabilitas pada Sampel 6

Sampel 6	Restorasi			
t(m)	t(s)	H(cm)	log h ₁ /h ₂	K (cm/dtk)
5	300	88,300	0,0540	$8,709 \times 10^{-6}$
10	600	79,500	0,099	$8,029 \times 10^{-6}$
15	900	68,500	0,164	$8,827 \times 10^{-6}$
30	1800	52,400	0,281	$7,539 \times 10^{-6}$

60	3600	30,200	0,519	$6,984 \times 10^{-6}$
Rata-Rata				$8,018 \times 10^{-6}$

Tabel 7. Hasil Perhitungan Uji Permeabilitas pada Sampel 7

Sampel 7	Sawit			
t(m)	t(s)	H(cm)	log h ₁ /h ₂	K (cm/dtk)
5	300	79,400	0,100	$1,614 \times 10^{-5}$
10	600	66,300	0,178	$1,438 \times 10^{-5}$
15	900	55,900	0,253	$1,357 \times 10^{-5}$
30	1800	34,500	0,462	$1,241 \times 10^{-5}$
60	3600	17,900	0,747	$1,003 \times 10^{-5}$
Rata-Rata				$1,331 \times 10^{-5}$

Tabel 8. Hasil Perhitungan Uji Permeabilitas pada Sampel 8

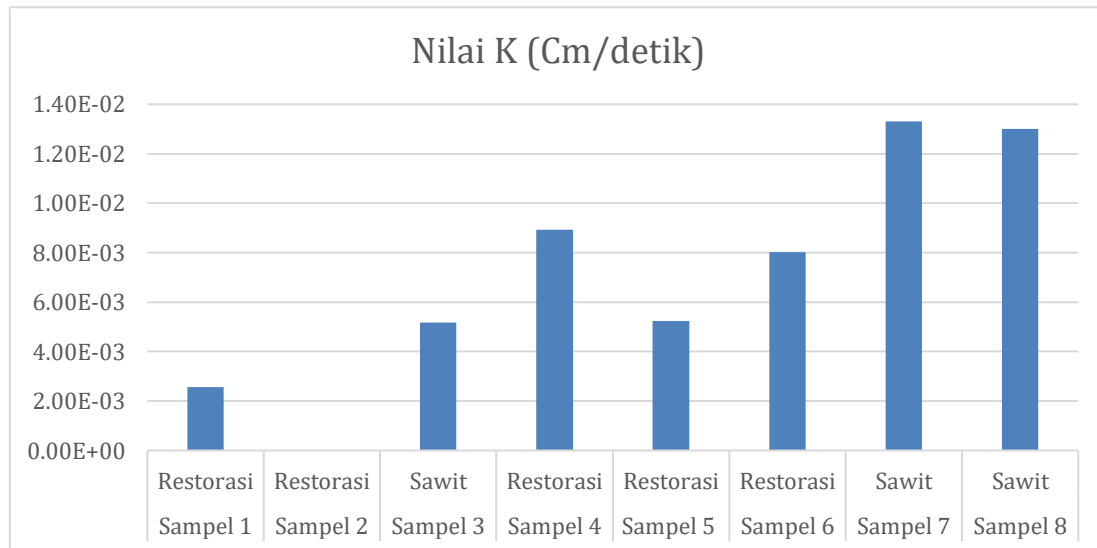
Sampel 8	Sawit			
t(m)	t(s)	H(cm)	log h ₁ /h ₂	K (cm/dtk)
5	300	82,800	0,0819	$1,321 \times 10^{-5}$
10	600	67,800	0,169	$1,360 \times 10^{-5}$
15	900	56,200	0,250	$1,344 \times 10^{-5}$
30	1800	32,800	0,484	$1,300 \times 10^{-5}$
60	3600	13,200	0,879	$1,181 \times 10^{-5}$
Rata-rata				$1,301 \times 10^{-5}$

Dari hasil uji laboratorium yang tersaji pada Tabel 1 hingga Tabel 8, dapat dilihat adanya variasi nilai koefisien permeabilitas antara sampel dari lahan restorasi dan lahan sawit. Secara umum, nilai permeabilitas rata-rata tanah sawit cenderung sedikit lebih tinggi dibandingkan tanah dari area restorasi. Hal ini mengindikasikan bahwa lahan sawit memiliki struktur pori yang lebih terbuka atau tingkat pemadatan yang lebih rendah akibat aktivitas budidaya, seperti penyiapan lahan, perawatan drainase, dan aktivitas kendaraan berat. Berikut Rekapitulasi data disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Nilai Konduktivitas Laboratorium di Lanskap Tanjung Leban

No. Sampel	Lokasi Sampel	Nilai K (Cm/detik)
Sampel 1	Restorasi	$2,569 \times 10^{-6}$
Sampel 2	Restorasi	$1,364 \times 10^{-5}$

Sampel 3	Sawit	$5,167 \times 10^{-6}$
Sampel 4	Restorasi	$8,922 \times 10^{-6}$
Sampel 5	Restorasi	$5,248 \times 10^{-6}$
Sampel 6	Restorasi	$8,018 \times 10^{-6}$
Sampel 7	Sawit	$1,331 \times 10^{-5}$
Sampel 8	Sawit	$1,301 \times 10^{-5}$



Gambar 1. Grafik Nilai Konduktivitas Hidrolik pada Lanskap Tanjung Leban

Pada sampel lahan restorasi, nilai koefisien permeabilitas yang lebih rendah mengindikasikan tingkat kepadatan tanah gambut yang relatif lebih tinggi, atau kemungkinan struktur pori yang sebagian telah terisi bahan organik hasil dekomposisi. Hal ini wajar, mengingat restorasi lahan biasanya dilakukan tanpa pembalikan tanah berlebihan sehingga struktur alami gambut dapat tetap bertahan, meskipun berdampak pada nilai permeabilitas yang moderat.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa nilai permeabilitas tanah gambut di lokasi penelitian umumnya berkisar antara $2,569 \times 10^{-6}$ cm/detik hingga $1,331 \times 10^{-5}$ cm/detik. Nilai ini masih tergolong sedang hingga rendah untuk tanah gambut, dan sesuai dengan karakteristik tanah organik yang memiliki retensi air tinggi. Permeabilitas yang sedang hingga rendah tersebut bermanfaat bagi perlindungan lahan gambut, karena dapat memperlambat aliran air keluar sehingga mempertahankan kelembapan tanah, yang penting untuk mencegah penurunan muka air tanah terlalu dalam serta mengurangi risiko kebakaran lahan.

Selain itu, hasil ini dapat menjadi salah satu acuan penting dalam penyusunan rencana tata air di kawasan gambut, baik untuk kegiatan restorasi maupun pengelolaan kebun sawit berkelanjutan. Nilai konduktivitas hidrolik yang diperoleh dapat digunakan untuk merancang sistem drainase, mengatur tata kelola air (water table management), serta menyesuaikan intervensi pemulihan lahan agar tidak menimbulkan kerusakan struktur gambut lebih lanjut.

Dari aspek metode, pengujian falling head memberikan hasil yang cukup baik dan konsisten, dengan pengulangan yang menunjukkan pola penurunan tinggi muka air secara teratur. Metode ini layak direkomendasikan untuk penelitian lanjutan di tanah gambut, karena relatif praktis dan mampu mencerminkan perilaku perkolasi air di material berbutir halus sampai sedang seperti gambut.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian uji permeabilitas laboratorium metode falling head menunjukkan bahwa tanah gambut di lanskap Tanjung Leban memiliki nilai koefisien permeabilitas rata-rata antara $2,569 \times 10^{-6}$ cm/detik hingga $1,331 \times 10^{-5}$ cm/detik. Nilai tersebut tergolong sedang hingga rendah, mencerminkan sifat retensi air tanah gambut yang tinggi namun tetap memungkinkan pergerakan air secara terbatas.

Perbedaan antara lahan restorasi dan lahan sawit tampak dari nilai permeabilitas yang sedikit lebih tinggi di area sawit, yang diduga dipengaruhi oleh aktivitas budidaya dan perubahan struktur tanah. Hasil ini menjadi data penting dalam mendukung perencanaan tata kelola air di lahan gambut, baik untuk upaya restorasi maupun praktik pertanian berkelanjutan, guna mempertahankan fungsi ekologis gambut dan mengurangi risiko kebakaran lahan.

Daftar Pustaka

- [1] Takeda, K., et al. (2019). "Hydraulic Properties and Drainage Design for Tropical Peatland in Indonesia." *Mires and Peat*, 24, 1–12.
- [2] Wahyunto, H. P. S., Subagjo, H., & Nugroho, K. (2019). "Karakteristik dan Potensi Lahan Gambut Indonesia." *Balai Penelitian Tanah*.
- [3] Roslan, M. K. A., et al. (2019). "Physical and Hydraulic Properties of Tropical Peat in Sarawak, Malaysia." *Mires and Peat*, 23, 1–15.
- [4] Ritzema, H. P., Limin, S., Wösten, J. H. M., & Jauhianen, J. (2019). "Canal Blockage Strategies for Hydrological Restoration of Peatlands in Central Kalimantan, Indonesia." *Catena*, 114, 11–20.
- [5] Sumarga, E., Hein, L., Hooijer, A., & Vernimmen, R. (2020). "Hydrological Restoration of Peatlands in Indonesia: Benefits, Challenges and Trade-offs." *Wetlands Ecology and Management*, 28(5), 897–915.
- [6] Page, S. E., & Hooijer, A. (2019). "In the Line of Fire: The Peatlands of Southeast Asia." *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374(1765), 20190103.
- [7] Koh, L. P., et al. (2021). "Securing the Future of Southeast Asia's Peatlands." *Nature Sustainability*, 4, 722–725.
- [8] Irawan, D. E., et al. (2022). "Assessment of Peat Hydraulic Conductivity Using Improved Falling Head Method." *Indonesian Journal of Agricultural Engineering*, 14(1), 33–40.
- [9] Kurniawan, Y., et al. (2023). "Effect of Land Use Change on Hydraulic Conductivity of Tropical Peat." *Geoderma Regional*, 32, e00657.
- [10] Hamdan, S., et al. (2021). "Hydraulic Behaviour of Tropical Peat Soils Under Different Groundwater Levels." *Journal of Hydrology*, 599, 126432.