

HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF PEATLAND WITH BOUWER AND RICE (1976) ONE TEST WELL

SIFAT FISIK TANAH DI KAWASAN CAGAR ALAM BUKIT TANGKILING, BUKIT BATU, PALANGKA RAYA, KALIMANTAN TENGAH KONDUKTIVITAS HIDROLIK GAMBUT DENGAN METODE BOUWER AND RICE (1976) SATU SUMUR UJI

Lola Cassiophea¹, Vontas Alfenny Nahan²

¹) Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, FKIP, Universitas Palangka Raya

²) Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas Palangka Raya

Jl. H.Timang Tunjung Nyaho Palangkaraya Kode Pos 73112

Email: lola.cassiophea@ptb.upr.ac.id

ABSTRACT

This research aims at finding the hydraulic conductivity of the peatland on the location of canal blocking at the Bukit Tunggul subdistrict Jl. Cilik Riwut Km.13 Palangka Raya. It has been known that the hydraulic conductivity of the peatland is different from the ones from mineral soil. Peat soil consists of organic materials with high concentration which come from degradation of plants, in submerged and anaerobic conditions. In this research a well is built with 0,2m, 0,4m, 0,6m dan 0,7m deep in which the hydraulic conductivity will be calculated for each depth. The results shows that the hydraulic conductivity values are $7,823 \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$, $6,3890 \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$, $5,698 \times 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$, dan $1,717 \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$, respectively. These results are in accordance with the passed research in hydraulic conductivity values. Therefore, it can be concluded that the value of hydraulic conductivity is getting smaller when the depth of soil is increasing. It is because the maturity level of peat is different in different depth. More depth means denser the peat is. Therefore, lesser K value is found in deeper peat with lesser porosity.

Key words: *Peat, Hydraulic Conductivity, Bouwer-Rice Method*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai konduktivitas hidrolis di tanah gambut di sekitar lokasi sekat kanal di Kelurahan Bukit Tunggul jl. Cilik Riwut Km. 13. Seperti yang telah diketahui, nilai konduktivitas hidrolis tanah gambut berbeda dengan tanah mineral. Gambut berisi bahan organik dengan konsentrasi tinggi yang berasal dari tanaman-tanaman yang telah membusuk sebagian atau keseluruhan, dengan kondisi terendam air dan anaerobik. Pada penelitian ini dibuat sumur dengan kedalaman 0,2m, 0,4m, 0,6m dan 0,7m dan dihitung nilai konduktivitas hidrolis untuk tiap kedalaman tersebut. Hasil penelitian menunjukkan nilai konduktivitas pada kedalaman tersebut berturut-turut adalah sebesar $7,823 \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$, $6,3890 \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$, $5,698 \times 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$, dan $1,717 \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$ dengan rata-rata sebesar 5.407×10^{-7} . Hasil penelitian ini telah sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya tentang nilai konduktivitas hidrolis sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai konduktivitas hidrolis memang akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini dikarenakan tingkat kematangan gambut yang berbeda. Semakin dalam, tingkat dekomposisi gambut semakin tinggi. Hal ini menyebabkan porositas tanah berkurang, sehingga pori-pori yang terdapat dalam gambut akan semakin sedikit. Oleh karena itu, nilai K akan semakin kecil dikarenakan permeabilitas gambut yang berkurang.

Kata Kunci : *Gambut, Konduktivitas Hidrolis, Bouwer-Rice Method*

PENDAHULUAN

Kalimantan Tengah dikenal memiliki karakteristik wilayah hutan rawa gambut tebal yang sebagian besar terdiri dari bahan organik (gambut mentah) yang diperkirakan seluas 6,8 juta ha [1]. Pada musim kemarau, hutan rawa gambut tersebut menjadi sangat kering dan sensitif terhadap kebakaran. Dengan keadaan ini, maka kebakaran lahan dan hutan rawa gambut bukan hanya menjadi ancaman utama bagi kelestarian hutan rawa gambut beserta satwa liar dalamnya tetapi juga bagi kehidupan maupun kesehatan masyarakat lokal di

Kalimantan Tengah. Gambut berisi bahan organik dengan konsentrasi tinggi yang berasal dari tanaman-tanaman yang telah membusuk sebagian atau keseluruhan, dengan kondisi terendam air dan anaerobik. Gambut mempunyai fungsi hidrologi yaitu pengatur kandungan kadar air dan mengendalikan fluktuasi air sepanjang musim yang berbeda. Hal ini menunjang fungsi dasar dari gambut termasuk pengaturan aliran air, mencegah kebakaran gambut, mempertahankan unsur hara dari gambut, penyediaan air bersih, dan menjaga keanekaragaman hayati yang sangat unik dan kaya tetap lestari. Lahan

gambut harus selalu memiliki kelembaban dan harus selalu basah agar dapat terus terjaga. Air yang keluar dari lahan gambut akibat kanalisasi ataupun pembukaan lahan dengan cara dibakar dapat memicu bencana kekeringan dan lahan gambut rentan terbakar secara luas. Beberapa cara pembasahan gambut sudah dilakukan untuk mengatasi lahan gambut yang mengalami kekeringan berlebihan akibat pembangunan kanalisasi secara masif dan akibat dari pembukaan lahan dengan cara dibakar. Dalam penelitian ini kami ingin mencoba alternatif teknologi yang lain untuk pembasahan gambut. Salah satunya yaitu dengan penyekatan kanal dengan tujuan untuk mempertahankan tinggi muka air minimal setinggi 0,4 m dari permukaan tanah. Setelah sekat kanal terbangun tindakan selanjutnya adalah melakukan penelitian berapa nilai konduktivitas hidrolik dari tanah lokasi sekat kanal dibangun.

Kapasitas tanah untuk memungkinkan air melewati masa tanah disebut permeabilitas (konduktivitas hidrolik) [2]. Pergerakan air di dalam tanah ditentukan oleh besarnya konduktivitas hidrolik (K). Air di dalam tanah memiliki tekanan dari beban air di atasnya. Jika terdapat kekosongan atau penurunan tekanan akibat pengambilan air dalam tanah, maka air di dalam masa tanah akan mengalir ke tekanan yang lebih rendah.

Slug test adalah salah satu dari beberapa metode yang sesuai untuk konduktivitas hidrolik [3]. Metode Hvorslev (1951) dan Bouwer dan Rice (1976) adalah metode yang paling umum diterapkan dalam analisis slug test [4], dan yang pertama digunakan secara luas dalam studi gambut [5]. Waktu yang dibutuhkan hingga air kembali pada keadaan setimbang sangat tergantung pada kondisi gambut di sekitar daerah perforasi [6]. Kendala dari metode ini di antaranya gangguan potensi gambut saat instalasi pipa sumur atau penyumbatan daerah perforasi oleh bahan organik. Diperlukan perawatan yang lebih untuk memastikan bahwa gambut di sekitar daerah perforasi dapat merepresentasikan gambut yang tidak terganggu di sekitarnya.

Slug test dilakukan pada akuifer tidak tertekan, sejumlah volume air ditambahkan atau dikeluarkan dari sumur untuk kemudian diukur perubahan muka air tanah. Asumsi pada metode ini adalah: (1) formasi aliran isotropik sehubungan dengan konduktivitas hidrolik, (2) aliran di atas muka air tanah diabaikan, (3) penarikan air di sekitar sumur diabaikan, (4) penurunan tekanan saat air memasuki sumur diabaikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Km 13 Kelurahan Bukit Tunggal, Palangka Raya.

Metode Pengukuran

Pengukuran konduktivitas hidrolik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode slug test, yaitu dengan memasukkan slug ke dalam sumur uji yang akan

menambah volume air atau mengangkat slug dari sumur uji yang akan mengurangi volume air, dan mencatat pemulihan ketinggian muka air ke kondisi setimbang dengan water table. Kemudian dibuat sumur dengan kedalaman 0,6 m dimana nilai konduktivitas hidrolik akan dicari pada kedalaman 0,2m, 0,4 m dan 0,6m Perhitungan konduktivitas hidrolik menggunakan metode Bouwer dan Rice adalah sebagai berikut [7]:

$$K = \frac{r_w^2 \ln\left(\frac{R_e}{r_w}\right) \frac{1}{L} \ln \frac{y_0}{y_t}}{2L} \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

- K = konduktivitas hidrolik
- Re = radius efektif
- rw = radius daerah perforasi dari pusat sumur hingga dinding akuifer
- rc = radius sumur pada *water table*
- L = tinggi daerah perforasi pada sumur
- y0 = tinggi muka air setimbang dengan *water table*
- yt = tinggi muka air pada saat t
- t = waktu yang dibutuhkan hingga air kembali setimbang
- D = ketebalan *unconfined* akuifer
- H = kedalaman sumur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode *slug test* menggunakan data ketinggian muka air yang kemudian diolah untuk mendapatkan nilai Y_t , yaitu selisih antara ketinggian muka air pada saat t dan ketinggian muka air setimbang. Nilai Y_t kemudian diplotkan dengan waktu dalam bentuk logaritmik dan diberi garis lurus untuk mendapatkan nilai Y_0 dan t.

Pada saat memplotkan nilai Y_t dan t, akan didapatkan garis lurus ganda. Garis lurus pertama (AB) lebih curam dibandingkan dengan garis lurus kedua (BC). Garis AB lebih curam disebabkan oleh zona yang sangat *permeable* di sekitar sumur, yang dengan cepat mengirimkan air ke dalam sumur setelah *slug* diangkat. Kemudian, ketika tingkat air di zona *permeable* sekitar telah dialirkan ke dalam sumur, aliran mulai melambat sehingga garis BC kurang curam jika dibandingkan dengan garis AB. Nilai Y_0 ditentukan dari perpotongan garis BC dengan Y_t pada saat t = 0.

Nilai t ditentukan dari perpotongan garis BC dengan t pada saat $Y_t = 0.001$. Nilai kedua parameter tersebut kemudian didapatkan dengan metode interpolasi.

Nilai parameter dan hasil pengukuran konduktivitas hidrolik pada 4 kedalaman sumur di lahan gambut dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Nilai parameter yang digunakan pada pengukuran konduktivitas hidrolis menggunakan *slug test* pada setiap sumur

Parameter	Kedalaman Sumur (m)		
	(0,2)	(0,4)	(0,6)
r_c (m)	0,06	0,06	0,06
L_e (m)	0,3	0,3	0,3
r_w (m)	0.061	0.061	0.061
D (m)	1,5	1,5	1,5
H (m)	0,2	0,4	0,6
$\ln (R_e/r_w)$	1,719	1,719	1,719
Y_0	15	15	15
Y_t	0,3	0,3	0,3
t (detik)	28800	28800	28800

Sumber: Penelitian 2022

Ket:
 r_c = jari-jari pipa bagian dalam;
 L_e = tinggi daerah perforasi;
 r_w = jari-jari pipa bagian luar;
D = ketebalan *unconfined* akuifer;
H = tinggi muka air dari dasar sumur hingga keadaan setimbang;
 Y_0 = tinggi muka air setimbang dengan *water table*;
 Y_t = tinggi muka air pada saat t;
t = waktu yang dibutuhkan hingga air kembali setimbang.

Tabel 2 Konduktivitas hidrolis horisontal pada tiap kedalaman sumur

Sumur	Konduktivitas Hidrolis (ms^{-1})
0,2	$7,823 \times 10^{-7}$
0,4	$6,389 \times 10^{-7}$
0,6	$5,698 \times 10^{-7}$
0,7	$1,717 \times 10^{-7}$

Tabel 2 memperlihatkan nilai K dari lahan gambut adalah ($7,823 \times 10^{-7}$), ($6,389 \times 10^{-7}$), ($5,698 \times 10^{-7}$), dan ($1,717 \times 10^{-7}$).

Nilai konduktivitas hidrolis dalam literatur ilmiah berkisar antara $10^{-8} ms^{-1}$ hingga $10^{-3} ms^{-1}$ [8]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hogan pada Juli hingga Oktober 2003 di Saskatchewan, Kanada, nilai K dari lahan

gambut untuk kedalaman 1 m adalah sebesar $6.11 \times 10^{-6} ms^{-1}$ [9].

Ronkanen dan Klove [10] melakukan penelitian mengenai konduktivitas hidrolis gambut pada setiap kedalaman di hutan gambut Kompsasuo dan Ruka, Finlandia. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai K di hutan gambut Kompsasuo dan Ruka, Finlandia [10]

Kedalaman dari permukaan tanah (m)	Konduktivitas Hidrolis (ms^{-1})	
	Kompsasuo	Ruka
0.1	1.9×10^{-3}	1.0×10^{-3}
0.2	1.6×10^{-3}	5.5×10^{-4}
0.3	1.7×10^{-3}	4.8×10^{-4}
0.4	1.8×10^{-3}	3.7×10^{-4}
0.5	9.6×10^{-4}	3.5×10^{-4}
0.6	1.9×10^{-4}	5.8×10^{-5}

Jika dibandingkan antara nilai K pada penelitian yang dilakukan Hogan di Saskatchewan (pada kedalaman 1 m = $6.11 \times 10^{-6} ms^{-1}$) dan penelitian di hutan Kelurahan Bukit

Tunggal (pada kedalaman 1,5 m = $1,717 \times 10^{-7} ms^{-1}$), maka hasil penelitian ini telah sesuai dan dapat disimpulkan bahwa nilai konduktivitas hidrolis akan semakin kecil

seiring dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini dikarenakan tingkat kematangan gambut yang berbeda. Semakin dalam, tingkat dekomposisi gambut semakin tinggi. Hal ini menyebabkan porositas tanah berkurang, sehingga pori-pori yang terdapat dalam gambut akan semakin sedikit. Oleh karena itu, nilai K akan semakin kecil dikarenakan permeabilitas gambut yang berkurang.

Pengaruh Nilai Bulk Density Terhadap Nilai Konduktivitas Hidrolik Gambut

Nilai rata-rata *bulk density* pada gambut Kelurahan Bukit Tunggal sebesar 1.273 g cm^{-3} [11]. Melling *et al.* [12] melakukan penelitian di Loagan Bunut National Park, Malaysia, dan mendapatkan nilai *bulk density* sebesar $0,0759 \text{ g cm}^{-3}$, dengan konduktivitas hidrolik sebesar $3,79 \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$. Jika dibandingkan dengan lokasi penelitian di Kelurahan Bukit Tunggal, nilai *bulk density* gambut Katingan lebih kecil dari nilai *bulk density* gambut di Loagan Bunut National Park. Sementara itu, nilai konduktivitas hidrolik Kelurahan Bukit Tunggal lebih besar dari nilai konduktivitas hidrolik di Loagan Bunut National Park. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lewis *et al.* [13] bahwa semakin besar nilai *bulk density* maka nilai konduktivitas hidrolik akan semakin kecil dikarenakan sedikitnya rongga dalam tanah, yang akan menghambat pergerakan air.

KESIMPULAN

Nilai konduktivitas hidrolik gambut dari sumur kedalaman 0,2m, 0,4m, 0,6 m dan 0,7m berturut-turut adalah sebesar $7,823 \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$, $6,3890 \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$, $5,698 \times 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$, dan $1,717 \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$ dengan rata-rata sebesar 5.407×10^{-7} . Nilai K akan berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman gambut. Nilai K yang didapat umumnya lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai K pada gambut subtropis, sementara seharusnya gambut tropis memiliki nilai K yang lebih besar dari gambut subtropis. Nilai K dengan vegetasi berupa pohon-pohon lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai K pada vegetasi berupa semak-semak. Hal ini dikarenakan aktivitas akar pada pepohonan lebih tinggi dari aktivitas akar serabut pada semak-semak, sehingga permukaan di bawah pepohonan memiliki pori-pori yang lebih besar dan nilai K yang lebih tinggi. Nilai K memiliki korelasi negatif dengan *bulk density*. Semakin besar *bulk density* maka nilai K akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya. Pengukuran konduktivitas hidrolik pada lahan gambut sebaiknya dilakukan dengan pengambilan titik lokasi yang lebih banyak dan dilakukan beberapa ulangan pada setiap sumur agar nilai *standard error* yang diperoleh lebih kecil. Alat yang digunakan untuk merekam data (*water logger*) dipasang dengan interval waktu pengambilan data yang lebih kecil sehingga nilai konduktivitas hidrolik yang

didapat menjadi lebih akurat.

SARAN

Pengukuran konduktivitas hidrolik pada lahan gambut sebaiknya dilakukan dengan pengambilan titik lokasi yang lebih banyak dan dilakukan beberapa ulangan pada setiap sumur agar nilai *standard error* yang diperoleh lebih kecil. Alat yang digunakan untuk merekam data (*water logger*) dipasang dengan interval waktu pengambilan data yang lebih kecil sehingga nilai konduktivitas hidrolik yang didapat menjadi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bouwer H, and Rice RC. 1976. A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells. *Water Resources Research*. 12(3)
- Letts MG, Roulet NT, Comer NT, Skarupa MR, Versegny DL. 2000. Parameterization of peatland hydraulic properties for the Canadian Land Surface Scheme. *Atmosphere-Ocean* 38(1): 141-160.
- Hogan JM. 2006. Hydrologic behaviour and hydraulic properties of a patterned fen in Saskatchewan. *Journal of Environments*.
- James J. Butler Jr., Carl D. McElwee, Wenzhi Liu (1995) Improving the Quality of Parameter Estimates Obtained from Slug Tests, *Graoundwater*, Vol. 34, Issue 3
- Ronkanen AK, Klove B. 2005. Hydraulic soil properties of peatlands trating municipal wastewater and peat harvesting runoff. *Suoseura-Finnish Peatland Society*. 56(2): 43-56
- Boehm V, Frank J. 2008. Peat dome measurements in tropical peatlands of Central Kalimantan with a high-resolution airborne laser scanner to achieve digital elevation models. 13th International Peat Congress 8 to 13 June 2008, Tullamore, Ireland.
- Melling L, Katimon A, Joo GK, Uyo LJ, Sayok A, Hatano R. 2007. Hydraulic conductivity and moisture characteristics of tropical peatland – preliminary investigation. *Proceedings of Soils Science Conference of Malaysia 2007*, Sarawak.
- Lewis C, Albertson J, Xu X, Kiely G. 2011. Spatial variability of hydraulic conductivity and bulk density along a blanket peatland hillslope. *Hydrol. Process*. Doi: 10.1002/hyp.8252.
- Prabandini, G. (2016). Pengukuran Konduktivitas Hidrolik Gambut Dengan Menggunakan Metode Slug Test (Studi Kasus: Katingan, Kalimantan Tengah). Departemen Geofisika Dan Meteorologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor. Bogor.