METODE PENGUKURAN ALIRAN AIR TANAH DI LAHAN GAMBUT

Muhammad Agung Pribadi¹, Sigit Sutikno^{1,2*}, Koichi Yamamoto³

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia, 28293

²Pusat Studi Bencana (PSB), Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia, 28293

³*Civil and Environmental Department, Yamaguchi University, Yamaguchi, Japan*

Email : muhammad.agung6149@student.unri.ac.id, sigit.sutikno@lecturer.unri.ac.id, k_yama@yamaguchi-u.ac.jp

ABSTRAK

Provinsi Riau yang memiliki lahan gambut lebih dari 60% dari total lahan gambut yang terdapat di Pulau Sumatera. Di Provinsi Riau, Kabupaten Bengkalis salah satu wilayah yang penyebaran lahan yang terluas kedua setelah kabupaten Indragiri. Kabupaten Bengkalis yang terdiri dari wilayah daratan dan pulau, yang mana wilayah pulau tersebut memiliki lahan gambut lebih dari 80% dari total keseluruhan luas pulau. Pulau bengkalis telah mengalami fenomena – fenomena yang terjadi seperti abrasi, subsidensi, dan kebakaran lahan. Abrasi yang terjadi di Pulau Bengkalis bagian Barat Laut telah berlangsung lebih dari 30 tahun terakhir membuat penelitian ini bagaimana situasi hidrologis yang terjadi akibat fenomena abrasi ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana aliran air tanah di pinggir pantai abrasi dengan menggunakan alat PDV (*Paper Disk Velocimeter*). Alat PDV ini merupakan pengukuran kecepatan aliran air tanah yang dikembangkan di Universitas Yamaguchi, Jepang. Alat ini sangat sederhana dan ekonomis jika dibandingkan alat lain yang cenderung rumit dan mahal.

Kata Kunci : Gambut, Abrasi, Aliran Air Tanah, PDV (*Paper Disk Velocimeter*)

ABSTRACT

Riau Province which has peatlands of more than 60% of the total peatland on the island of Sumatra. In Riau Province, Bengkalis Regency is one of the areas with the second largest land distribution after Indragiri Regency. Bengkalis Regency which consists of land and island areas, where the island area has peatlands of more than 80% of the total area of the island. Bengkalis Island has experienced phenomena such as abrasion, subsidence, and land fires. The abrasion that occurred in the Northwestern part of Bengkalis Island has been going on for more than 30 years, making this study how the hydrological situation that occurs due to this abrasion phenomenon. This study aims to determine how groundwater flows along the abrasion coast using a PDV (*Paper Disk Velocimeter*) tool. This PDV tool is a groundwater flow velocity measurement developed at Yamaguchi University, Japan. This tool is very simple and economical when compared to other tools which tend to be complicated and expensive.

Keywords : Peat, Abration, Groundwater Flow, PDV (*Paper Disk Velocimeter*)

1. PENDAHULUAN

Luas lahan gambut di Indonesia merupakan salah satu wilayah gambut tropis terluas di dunia sekitar 14,95 juta hektar yang tersebar di berbagai wilayah [1]. Penyebaran yang terbesar terletak di Pulau Sumatera, terkhusus Provinsi Riau. Potensi lahan gambut yang terdapat di Riau sangat besar. Sehingga perlu adanya penelitian – penelitian lebih lanjut bagaimana fenomena – fenomena yang terjadi di lahan gambut itu sendiri.

Tanah gambut yang terbentuk akibat pembusukan vegetasi, membuat tanah gambut ini mengandung kandungan organik yang tinggi dan dapat menyimpan air dalam jumlah besar [2]. Bahkan, tanah gambut dapat menyimpan air hingga lebih dari masa tanahnya itu sendiri. Kondisi ini yang mengakibatkan pergerakan aliran air tanah cukup intensif terjadi.

Air tanah yang berasal dari mata air tanah ataupun air hujan yang turun ke permukaan tanah akibat adanya gravitasi. Setelah turunnya hujan, air akan bergerak turun (infiltrasi) dan juga bergerak secara kapiler (berbagai arah) [3]. Sifat air tanah ini yang menarik untuk dilakukan penelitian bagaimana aliran air tanah yang terjadi di sisi barat laut Pulau Bengkalis yang sering terdampak akibat fenomena abrasi pantai. Pemilihan lokasi di Pulau Bengkalis karena terdapat lebih dari 80% dari wilayah merupakan lahan gambut (Gambar 1).

Gambar 1. Peta Gambut Pulau Bengkalis
Sumber : [2]

Dalam melakukan penelitian aliran air tanah di Pulau Bengkalis ini, digunakan alat PDV (*Paper Disk Velocimeter*) yang dikembangkan oleh Prof. Koichi Yamamoto dari Universitas Yamaguchi, Jepang. Sebelumnya pernah dilakukan penelitian yang sama oleh S Sutikno, Ramawilis, Hutapea, Rinaldi, & Yamamoto (2020) dengan lokasi gambut dengan titik – titik tinjau sekitar kanal di Desa Lukun, Kepulauan Meranti Riau. Alat ini terdiri dari beberapa rangkaian bahan seperti tiang, spons, sensor, dan kertas yang

dibuat dari *Maruman Company* 126,5 g/m² dan tinta hitam: Canon BCL-6BK. Hasil penelitian ini adalah analisis aliran air tanah dengan menggunakan metode pengukuran dengan PDV yang sederhana dan ekonomis. Gambar alat dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. PDV (*Paper Disk Velocimeter*)

2. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, pengukuran aliran air tanah dilakukan langsung di lapangan. Lokasi penelitian di Desa Meskom, Kecamatan Bengkalis, Kabupaten Bengkalis. Area sekitar penelitian dapat dideskripsikan dengan lokasi perkebunan sawit, kanal – kanal ada yang masih dialiri dan lainnya hanya digenangi air. Sebelumnya, tepat di wilayah sekitar lokasi penelitian pernah dilakukan analisis menggunakan data citra satelit mengenai laju abrasi dengan hasil laju abrasi pantai lebih dari 30 m/tahun yang dilakukan oleh Sigit Sutikno, Sandhyavitri, Haidar, & Yamamoto (2017).

Area sekitar lokasi penelitian sangat dekat dengan garis pantai (Gambar 3) yang mana terjadi fenomena abrasi. Sehingga dapat dikatakan lokasi tersebut merupakan lokasi yang strategis dilakukannya penelitian. Karena hal tersebut lokasi ini dijadikan sebagai lokasi penelitian. Pada titik – titik peninjauan pengukuran aliran air tanah dilakukan dengan membuat sumur pantau dengan jarak terhadap garis pantai pada titik 1 ±380 m dan titik 2 ±280 m dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 3. Lokasi Penelitian
Sumber : (*Aerial Photometry* di Lokasi Penelitian oleh Yamamoto)

Gambar 4. Titik Tinjau
Sumber : Yamamoto

Metode Penelitian

Metode yang dilakukan untuk melakukan penelitian ini dengan metode pengamatan langsung di lapangan. Pengamatan dilakukan di 2 titik tinjauan dengan pengamatan kecepatan aliran dengan masing – masing titik pada kedalaman 2 m, 3 m dan 4 m, sedangkan yang lain 2 m dan 5,5 m. Perbedaan kedalaman masing – masing titik dikarenakan perbedaan kedalaman gambut pada kedua titik dan kendala yang terjadi di lapangan.

Penelitian dilakukan pada bulan 3 November 2019 dengan 3 kali pengamatan dalam 1 hari, yang mana dalam 1 kali pengamatan dilakukan selama 60 menit. dalam 1 kali pengamatan akan terdapat 3 nilai kecepatan dan arah aliran yang selanjutnya akan dilakukan analisis restultan kecepatan terhadap arah aliran.

Tahapan Penelitian

1. Peralatan penelitian

Peralatan dan Bahan yang Digunakan pada Penelitian		
No	Alat dan Bahan	Fungsi
1.	Bor Gambut	Membuat lubang pada titik tinjau sumur pantau
2.	Pipa PVC Ø 2" dan Ø1,5"	Sebagai sumur pantau
3.	Penutup Pipa Ø2" dan Ø1,5"	Menutup dasar sumur pantau
4.	Alat Bor	Mengebor lubang – lubang pada pipa
5.	Tiang	Memasukkan sensor ke dalam sumur pantau
6.	Kertas yang dibuat dari Maruman Company 126,5 g/m ² dan tinta hitam: Canon BCL-6BK	Menunjukkan hasil arah dan kecepatan aliran
7.	Sensor PDV	Meletakkan spons dan kertas

8.	Spons	Menjaga konsistensi aliran
9.	Water Level Mearsurement	Mengukur muka air tanah
10.	RTK - GPS	Menentukan titik untuk pemetaan profil arah aliran
11.	Kompas	Menunjukkan arah utara sebagai patok kertas penunjuk arah aliran
12.	Drone	Untuk <i>aerial photometry</i> di wilayah lokasi penelitian

2. Pengamatan aliran air tanah dengan PDV

Pengukuran kecepatan aliran air tanah dilakukan pada sumur pantau yang sudah dibuat pada kedalaman tertentu. Pengukuran dilakukan pada daerah pinggi pantai yang mana pinggir pantai tersebut titik yang sering terjadinya abrasi. Berikut cara kerja pengukuran aliran air tanah dengan *Paper Disk Velocimeter* (Gambar 5) pada lahan gambut :

1. Meletakkan 3 bagian kertas (atas, tengah dan bawah) pada setiap titik pengukuran aliran.
1. Tinta pada kertas akan terjadi penyebaran sesuai Meletakkan 3 bagian kertas (atas, tengah dan bawah) pada setiap titik pengukuran aliran.
2. Tinta pada kertas akan terjadi penyebaran sesuai arah aliran yang dilalui
3. Setelah didapat sebaran tinta pada ketiga kertas, diambil hasil penyebaran yang paling dominan dari segi arah dan panjang sebaran.
4. Jika ketiga kertas mempunyai arah yang berbeda, maka hasil yang diambil adalah sebaran tinta yang terjelas dan terpanjang.
5. Jika tidak ada penyebaran tinta yang terjadi, maka tidak ada aliran yang terjadi.

Gambar 5. Paper Disk Velocimeter

Pengukuran Lapangan

1. Instalasi alat sumur pantau

Sumur pantau berfungsi sebagai titik melakukan pengamatan untuk mengukur aliran air tanah dengan memasukkan sensor PDV. Sumur pantau yang digunakan terbuat dari pipa PVC dengan diameter 2"(inch). Titik peninjauan terdapat 2 titik dengan masing – masing menggunakan 2 sumur pantau dan lainnya 3 sumur pantau. Pada instalasi sumur pantau,

setiap ujung pipa di bagian bawah ditutup dengan penutup pipa agar pada saat memasukkan pipa tidak ada material tanah yang masuk ke dalam pipa yang dapat mengganggu pengamatan. Berikut tahapan untuk pemasangan alat sumur pantau :

1. Tahap pertama memastikan titik tinjau yang sudah direncanakan dengan GPS.
2. Melakukan pengeboran dengan bor gambut pada titik tinjau.
3. Memasukkan pipa PVC ke dalam lubang dengan panjang pipa yang sudah direncanakan sebelumnya sesuai kedalaman tertentu.
4. Biarkan sumur pantau 2 hingga 3 hari agar muka air tanah dalam sumur pantau sama dengan muka air tanah yang sebenarnya.

Berikut gambar sumur pantau di lapangan dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Sumur Pantau

2. Pengukuran kecepatan aliran

Berikut tahapan pengukuran kecepatan aliran dengan pemasangan alat PDV yang dilakukan seperti pada Gambar 7 berdasarkan penelitian terdahulu :

1. Memasukkan sensor pada setiap lubang dengan tiap sensor terdapat 3 kertas (atas, tengah dan bawah) dan menentukan arah utara titik tinjau agar mengetahui arah aliran.
2. Biarkan sensor melakukan pengukuran selama 60 menit dan mengangkat kembali sensor ke atas permukaan secara perlahan.
3. Mengambil kertas setiap bagian dan melakukan pengukuran pergeseran tinta dan melihat arah aliran dengan pengukuran *imageJ* dan dapat juga melakukan dengan pengukuran manual guna mendapat arah dan kecepatan aliran air tanah.

Gambar 7. Memasukkan Sensor PDV ke dalam Sumur Pantau

Tahapan Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data yang didapat setelah dari pengukuran di lapangan :

1. Biarkan kertas hingga kering.
2. Selanjutnya melakukan *scanning* kertas dalam bentuk format gambar.
3. Pengukuran kecepatan aliran air tanah serta arah aliran air tanah dengan *software ImageJ*.
4. Selanjutnya analisis nilai yang didapat dari *ImageJ* dengan beberapa persamaan berikut.
 - a. Persamaan dalam pengukuran sudut atau arah aliran air tanah (persamaan 1).

$$\theta = \arctan \left(\frac{YM \text{ dot} - YM \text{ Tailing}}{XM \text{ dot} - XM \text{ Tailing}} \right)$$

- b. Persamaan dalam pengukuran kecepatan aliran air tanah (persamaan 2).

$$\text{Kecepatan 60 mnt} = \frac{1}{10,761} \times 0,1 \times ((XM \text{ dot} - XM \text{ Tailing})^2 + (YM \text{ dot} - YM \text{ Tailing})^2)^{0,5}$$

- c. Persamaan yang digunakan dalam menentukan resultan dari kecepatan aliran air tanah (persamaan 3).

$$V_r = \sqrt{V_{xi}^2 + V_{yi}^2}$$

Analisis Data

1. Analisis kecepatan aliran air tanah

Dalam melakukan tahap analisis aliran air tanah digunakan *software ImageJ*. Hasil dari pengukuran lapangan dari PDV selanjutnya dilakukan *scanning* menggunakan *scanner* Epson GT-X830. Ditampilkan salah satu hasil *scanning* dari PDV pengukuran pertama kedalaman 2 meter dengan kertas pada sisi tengah sensor. Berikut tahapan pengolahan data analisis kecepatan dan arah aliran air tanah (Gambar 8 – 12).

1. Hasil *scanning* PDV dengan format gambar.

Gambar 8. Hasil Scanning PDV

2. Memasukkan gambar ke *software ImageJ*.

Gambar 9. Input Hasil Scanning ke ImageJ

3. Melakukan *running* dengan menggunakan *macro processing* pada *ImageJ*.

Gambar 10. Hasil Running Gambar dengan ImageJ

4. Hasil *running* berupa data makro selanjutnya *copy* ke *Microsoft Office Excel* yang sudah terformat dengan rumus pengolahan data untuk menemukan sudut atau arah dan kecepatan aliran air tanah.

19163	bottom	November 3rd	110,7	110,7
19208	middle	November 3rd	123,5	123,5
19174	top	November 3rd	152,6	152,6

Gambar 11. Nilai Sudut Arah Aliran Terhadap Utara

Berikut contoh perhitungan sudut atau arah aliran :

$$\begin{aligned}
 \theta &= \arctan \left(\frac{XM \text{ dot} - XM \text{ Tailing}}{YM \text{ dot} - YM \text{ Tailing}} \right) \\
 &= \arctan \left(\frac{29,52 - 32,82}{26,01 - 23,84} \right) \\
 &= \arctan \left(\frac{-3,3}{2,17} \right) \quad (\text{kuadran II}) \\
 &= -56,5^\circ + 180^\circ = 123,5^\circ
 \end{aligned}$$

Berikut contoh perhitungan kecepatan aliran air tanah dari hasil analisis menggunakan *software ImageJ* :

Kec. Aliran/60 menit

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{10,761} \times 0,1 \times ((XM \text{ dot} - XM \text{ Tailing})^2 + (YM \text{ dot} - YM \text{ Tailing})^2)^{0,5} \\
 &= \frac{1}{10,761} \times 0,1 \times ((29,52 - 32,83)^2 + (26,01 - 23,84)^2)^{0,5} \\
 &= 0,03601 \text{ cm/menit} \\
 &= 0,03601 \times \frac{24 \times 60}{100} = 0,51489 \text{ m/hari}
 \end{aligned}$$

2m	bottom	10:23	0,01182	0,17025
2m	middle	10:23	0,03601	0,51849
2m	top	10:23	0,02993	0,43092

Gambar 12. Input Data untuk Menghitung Kecepatan Aliran

2. Analisis resultan arah dan kecepatan aliran air tanah

Setelah dilakukan analisis arah dan kecepatan aliran, didapat banyak data kecepatan dan arah aliran pada 1 titik dan kedalaman yang sama dengan arah dan kecepatan yang berbeda. Untuk menentukan arah dan kecepatan aliran yang dapat digunakan sebagai hasil, maka dilakukan analisis berikutnya yaitu menentukan resultan dari arah dan kecepatan aliran air tanah tersebut. Berikut langkah – langkah yang digunakan dalam melakukan analisis dengan metode vektor.

- Menentukan arah dan kecepatan aliran air tanah yang dapat digunakan karena tidak semua nilai dapat digunakan. Berikut syarat – syarat untuk pemilihan arah dan kecepatan aliran :
 - Batas kecepatan aliran air tanah > 0,01 cm/menit
 - Gunakan nilai terbesar pada setiap pengujian
 - Prioritaskan kertas pada sisi tengah sensor terlebih dahulu
 - Perhatikan arah aliran terhadap kontur muka air tanah
 - Jika hanya 1 pengukuran yang memenuhi persyaratan 1 dan 2 maka nilai tersebut dapat digunakan sebagai nilai dari arah dan kecepatan aliran air tanah.
- Selanjutnya, menghitung resultan arah dan kecepatan aliran pada kedalaman yang sama dengan waktu pengukuran yang berbeda. Berikut contoh perhitungan menentukan nilai resultan pada titik N2C dengan kedalaman 2 meter pengukuran menggunakan metode vector dengan skema pada Gambar 13.

Tabel 1. Data PDV Kedalaman 2 m di Titik N2C

Arah (°)		α terhadap sumbu X (°)	
I	II	I	II
123,5	168,8	33,5 (kuadran II)	78,8 (kuadran II)
Nilai		Kecepatan/V (cm/menit)	
Sin	Cos	V1	V1
0,552 (I)	0,834 (I)	0,03601	0,02008
0,981 (II)	0,194 (II)

Gambar 13. Skema Arah Aliran

Berikut persamaan dan contoh perhitungan yang digunakan dalam menentukan resultan kecepatan aliran air tanah.

$$\begin{aligned}
 V_{xi} &= V_i \cdot \cos \alpha_i \\
 V_{yi} &= V_i \cdot \sin \alpha_i
 \end{aligned}$$

	X	Y
V1	$0,03601 \cdot 0,834 = 0,0300$	$-0,03601 \cdot 0,552 = -0,0199$
V2	$0,02008 \cdot 0,195 = 0,0039$	$-0,02008 \cdot 0,981 = -0,0197$
	$V_x = 0,0339$	$V_y = -0,0396$

$$\begin{aligned}
 V_r (\text{resultan}) &= \sqrt{V_{xi}^2 + V_{yi}^2} \\
 V_r &= \sqrt{(0,0339)^2 + (-0,0396)^2} \\
 &= 0,0521 \text{ cm/menit} \\
 &= 0,7507 \text{ m/hari}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, menghitung arah aliran air tanah dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 \theta (\text{°}) &= \tan^{-1} \frac{V_{yi}}{V_{xi}} \\
 &= \tan^{-1} \frac{-0,0396}{0,0339} \\
 &= 49,41^\circ (\text{kuadran II})
 \end{aligned}$$

Maka, arah aliran yang sebenarnya adalah $90^\circ + 49,41^\circ = 139,41^\circ$ (Gambar 14)

Gambar 14. Resultan Arah Aliran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan hasil dari semua kecepatan dan arah aliran air tanah yang memenuhi persyaratan, yang mana selanjutnya sebagai nilai yang digunakan sebagai resultan kecepatan dan arah aliran air tanah. Nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Kecepatan

Titik	Kedalaman meter	Posisi Kertas	Arah Aliran (°)	Kecepatan Aliran (cm/mnt)
N2C	2	Tengah	123,5	0,0360
		Atas	168,8	0,0201
	5	Atas	28,8	0,0120
		Tengah	5,9	0,0340
N2W2	2	Tengah	125,2	0,0153
	3	Bawah	353,0	0,0296
		Tengah	149,5	0,0215
		Tengah	163,0	0,0138
	4	Atas	165,3	0,0203
		Atas	138,2	0,0344
		Tengah	137,5	0,0214

Setelah mendapat nilai – nilai kecepatan dan arah aliran air tanah, dilakukan analisis resultan kecepatan dan arah aliran. Berikut hasil dari nilai resultan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Resultan Kecepatan

Titik	Kedalaman meter	Arah Aliran (°)	Kecepatan Aliran	
			cm/mnt	m/hari
N2C	2	139,41	0,0521	0,7507
	5.5	354,06	0,0282	0,4067
N2W2	2	125,19	0,0153	0,2210
	3	101,71	0,0116	0,1665
	4	145,14	0,0744	1,0714

4. KESIMPULAN

Arah aliran air tanah dari hasil yang didapat sangat bervariasi dan acak. Hal ini terjadi akibat adanya gaya kapiler pada aliran dimana aliran dapat bergerak ke segala arah. Diduga hal ini dampak dari tanah itu sendiri sebagaimana bahan pembentuk gambut yang berserat dan halus. Dari nilai kecepatan yang didapat disimpulkan bahwa tidak selalu nilai kecepatan aliran berbanding terbalik dengan kedalaman. Dapat dilihat dari nilai kecepatan yang tertinggi pada titik N2W2 di kedalaman 4 m mencapai 1,07 m/hari dengan arah aliran 145,14° terhadap arah utara.

Adapun saran dari penelitian ini yaitu kepada peneliti – peneliti berikutnya yang menggunakan PDV sebagai alat pengukur kecepatan aliran air tanah yang juga parameter untuk mengukur permeabilitas

tanah serta lebih menggaungkan pengenalan alat ini agar dikenal lebih luas.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Masganti, Wahyunto, A. Dariah, Nurhayati, and R. Yusuf, "Karakteristik dan Potensi Pemanfaatan Lahan Gambut Terdegradasi di Provinsi Riau," pp. 59–66, 2014.
- [2] R. Sahputra, S. Sutikno, and A. Sandhyavitri, "Mitigasi Bencana Kebakaran Lahan Gambut Berdasarkan Metode Network Analysis Berbasis Gis (Studi Kasus: Pulau Bengkalis)," Jom FTEKNIK, vol. 4, no. 2, pp. 1–11, 2017.
- [3] S. Sutikno, Saldanela, and A. Hendri, "Pemetaan Pola Aliran Air Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis (Sig) Di Kawasan Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru," Aliran Air Tanah, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [4] S. Sutikno, R. D. Ramawilis, F. A. Hutapea, Rinaldi, and K. Yamamoto, "Application of paper disc velocimeter for groundwater flow measurement in tropical peatland," 9th AIC 2019 Sci. Eng., 2020.
- [5] S. Sutikno, A. Sandhyavitri, M. Haidar, and K. Yamamoto, "Shoreline Change Analysis of Peat Soil Beach in Bengkalis Island Based on GIS and RS," vol. 9, no. 3, pp. 233–238, 2017.