ANALISIS ALIRAN AIR TANAH MENGGUNAKAN *GROUNDWATER VELOCIMETER* PADA LAHAN GAMBUT TROPIS

Silvie Welya Gustin[1)], Sigit Sutikno[2)], Rinaldi[2)]
[1)]Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
[2)]Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293
Email : silvie.welya@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Hydrologic restoration using canal block is a developing way for re-wetting peatlands, like as in Lukun Village, Tebing Tinggi Timur, Meranti Islands. The groundwater flow around the canal block should be analyzed to determine the effect of the canal block on the surrounding peatland. The analysis was carried out using Groundwater Velocimeter tool in pairs around the canal block. The results obtained from Grounwater Velocimeter is velocity and direction of groundwater flow shown from of ink on the paper. The direction of groundwater flow on peatlands are irregular as it depends on the elevation and pressure difference in area.

Keywords : Groundwater Velocimeter, Groundwater Flow, Peatland

A. PENDAHULUAN

Lahan rawa gambut di Indonesia cukup luas, sekitar 20,6 juta ha, atau sekitar 10,8 % dari luas daratan Indonesia. (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Pertanian, 2008). Gambut merupakan ekosistem yang paling rawan terhadap kebakaran, hutan rawa gambut menjadi penyumbang yang sangat besar dalam dampak kebakaran karena tingginya kandungan karbon dan besarnya jumlah yang dilepas pada saat terjadinya kebakaran (Suharto, 2014).

Kebakaran hutan terjadi setiap tahun di Provinsi Riau, terutama pada musim kemarau. Kebakaran pada lahan gambut disebabkan oleh kekeringan yang berlebihan pada musim kemarau. Salah satu penyebab kekeringan lahan gambut adalah pembangunan kanal drainase pada ekosistem lahan gambut.

Kekeringan pada lahan gambut dapat dipulihkan dengan melakukan pembasahan gambut. Pembasahan gambut yang umum dipergunakan untuk pemulihan hidrologi gambut, diantaranya sekat kanal, penimbunan kanal, sumbur bor dan lain-lain. Sekat kanal berfungsi untuk mengurangi, mencegah penurunan permukaan air di lahan gambut sehingga lahan gambut di sekitarnya tetap basah dan sulit terbakar (Dohong, et al., 2017).

Pemerintah Indonesia merencanakan pemulihan ekosistem gambut di beberapa daerah, salah satunya di Desa Lukun Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau. Sekat kanal akan di bangun di 7 lokasi berbeda.

Pemulihan ekosistem gambut ini perlu adanya evaluasi untuk mengetahui kinerja program pembasahan lahan gambut dengan sekat kanal yang dibangun dengan menganalisis aliran air tanah di sekitar sekat kanal. Aliran air tanah adalah aliran yang terjadi di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju sungai atau langsung ke laut. Air tanah mengalir dari titik berenergi potensial tinggi kearah titik berenergi potensial lebih rendah, antara titik-titik yang berenergi potensial sama tidak terdapat pengaliran air tanah.

Pada lahan gambut yang mempunyai kanal, arah aliran air tanah akan mengalir kearah saluran dan mempercepat aliran air keluar dari suatu lahan gambut, setelah kanal pada lahan gambut tersebut disekat diharapkan arah aliran akan menjauhi

kanal dan mengarah kepada lahan gambut serta kecepatan aliran air tanah pada lahan gambut tersebut berkurang agar menjaga lahan gambut tetap basah.

.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Pengertian dan Karakterisitik Gambut

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 16/2017, gambut adalah material organik yang terbentuk secara alami dari sisa-sisa tumbuhan yang terdekomposisi tidak sempurna dengan ketebalan lima puluh centimeter atau lebih dan terakumulasi pada rawa. Lahan gambut umumnya disusun oleh sisa-sisa vegetasi yang terakumulasi dalam waktu yang cukup lama dan membentuk tanah gambut. Tanah gambut bersifat rentan perubahan (*fragile*), kurang subur, dan kering tak dapat balik (Ritung & Sukarman, 2014).

Tanah gambut mempunyai karakterisitik yang khas yaitu mudah mengalami kering tak balik dan mudah mengalami amblesan (subsiden) dalam keadaan aerobik. Karateristik fisika tanah gambut yang utama antara lain berat isi dan daya dukung terhadap beban (*bearing capacity*) yang sangat rendah, porositas dan kapasitas simpan air yang sangat tinggi serta kandungan air yang sangat tinggi dalam keadaan alami. Karakteristik kimia tanah gambut yang utama antara lain pH tanah yang sangat rendah atau kemasaman tanah yang tinggi, ketersediaan hara makro dan mikro yang rendah, kadar abu yang sangat rendah, adanya potensi pemasaman dalam keadaan teroksidasi bila mengandung pirit, dan kadar asam organik yang tinggi. Karakterisitik biologi tanah gambut antara lain ditemukannya beberapa jamur penambat N dan bakteri pelarut P di lahan gambut yang respon dengan pemberian kapur dan fosfat (Noor, Masganti, & Agus, 2014).

B.2 Sekat Kanal untuk Pembasahan Kembali (Peat Rewetting)

Sekat kanal adalah bangunan penahan air yang dibangun di dalam badan kanal atau parit dengan tujuan untuk mengurangi laju aliran keluar dan mempertahankan dan/atau menaikkan simpanan air pada badan kanal dan daerah sekitarnya. Prinsip kerja sekat kanal adalah menahan dan menampung air selama mungkin di dalam wilayah KHG (Dohong, et al., 2017). Gambar 2 merupakan contoh sekat kanal di Desa Lukun.

Gambar 1 Model Sekat Kanal Desa Lukun
Sumber: (Pusat Studi Bencana Universitas Riau, 2017)

B.3 Air Tanah

Airtanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi. Airtanah dapat juga didefinisikan sebagai air yang terdapat di bawah permukaan bumi. Salah satu sumber air tanah adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah, melalui ruang pori antara butiran tanah. Proses ini dikenal dengan siklus hidrologi. (Rizal & Kuryanto, 2015).

B.4 Hukum Darcy

Hukum Darcy adalah persamaan yang mendefinisikan kemampuan suatu fluida mengalir melalui media berpori seperti batu. (Fracfocus, 2013)

Hukum Darcy biasanya ditulis sebagai:

$$Q = -K\,A\,i$$

Dengan:
Q = laju aliran air (volume per waktu)
K = konduktivitas hidrolik
A = Luas Penampang Aliran
i $= \frac{\Delta h}{L}$

B.5 RTK-GPS

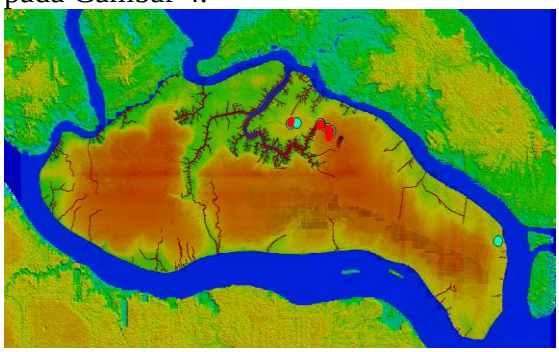
RTK merupakan metode penentuan posisi secara kinematik dengan GPS, bisa dilihat pada Gambar 2. Penentuan posisi kinematik yang menggunakan metode pengamatan relatif/differential, metode ini memerlukan titik acuan yang sudah diketahui posisi tiga dimensinya sehingga dibutuhkan minimal dua buah receiver.

Gambar 2. RTK-GPS

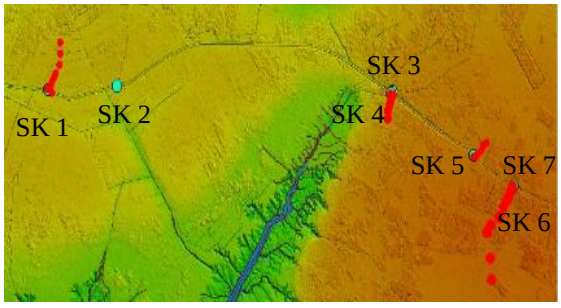
C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Desa Lukun, Kecamatan Tebing Tinggi Timur, Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau, bisa dilihat pada Gambar 3. Lokasi sekat kanal pada Desa Lukun bias dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3 Peta Desa Lukun
Sumber : (Sutikno, et al., 2017)



Gambar 4 Lokasi Sekat Kanal Desa Lukun

C.2 Peralatan yang Digunakan

1. Sumur Pantau

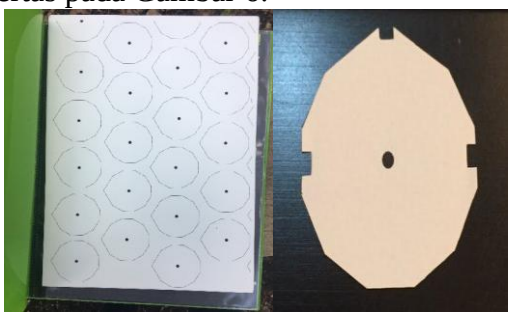
Sumur pantau berfungsi untuk mengetahui tinggi muka air tanahnya, bisa dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Sumur Pantau

2. *Groundwater Velocimeter*

a. *Paper Disc*

Kertas ini yang akan menunjukkan hasil arah aliran pada air tanah. Tinta pada kertas akan menyebar sesuai dengan arah aliran pada tanah, bisa dilihat bentuk kertas pada Gambar 6.



Gambar 6. *Paper Disc*
Sumber : (Yamamoto, 2016)

b. Busa

Busa dengan tinggi 3 cm berguna untuk tempat kertas, kertas diletakkan diantara busa-busa tersebut bisa dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7. Busa

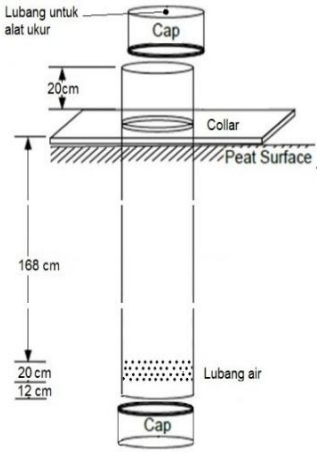
c. Pipa PVC dan Tiang penempatan busa dan kertas.

Gambar 8. Pipa PVC dan Tiang Penempatan Busa

C.3 Prosedur Penelitian

C.3.1 Pemasangan Sumur Pantau

Sumur pantau dibuat dengan memasukan pipa PVC ke dalam tanah gambut yang sudah dilubangi menggunakan bor tangan manual sedalam 2 m, hingga ujung pipa bagian bawah melewati muka air tanah di bawahnya. Ujung pipa bagian atas ditutup agar tidak ada sampah yang masuk kedalam pipa. Sketsa alat sumur pantau bisa dilihat pada Gambar 9.



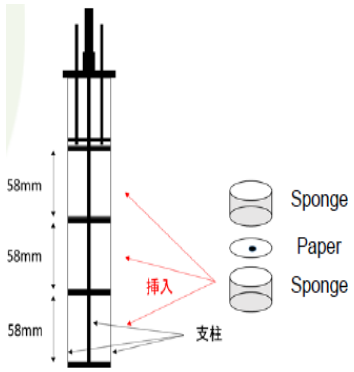
Gambar 9. Sumur Pantau
Sumber: (Pusat Studi Bencana Universitas Riau, 2017)

C.3.2 Pemasangan Alat Groundwater Velocimeter

1. Melepaskan pipa PVC untuk sumur pantau dan memasukkan pipa PVC alat *groundwater velocimeter* pada lubang yang telat dibuat seperti Gambar 10.

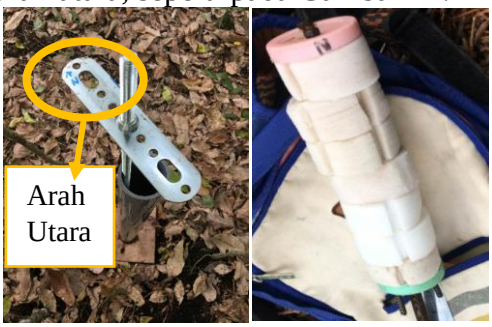
Gambar 10. Pemasangan Pipa PVC untuk alat *Groundwater Velocimeter*.

2. Meletakkan kertas di antara dua spons dalam keadaan benar-benar kering dan memasukkan di bagian sensor.
3. Terdapat tiga kertas pada setiap melakukan penelitian agar mendapatkan hasil akurat, seperti pada Gambar 11.



Gambar 11 Sketsa Alat *Groundwater Velocimeter*
Sumber : (Yamamoto, 2016)

4. Memeriksa sambungan dan memasukkan alat ke pipa PVC sampai bagian sensor menyentuh saringan. Pada saat memasukkan alat ke pipa PVC, alat harus tetap mengarah pada arah utara, seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Pemasangan Alat *Groundwater Velocimeter*

5. Membiarkan alat untuk waktu yang telah ditentukan yaitu 60 menit;

Gambar 13. *Groundwater Velocimeter*

6. Setelah selesai, dengan perlahan mengangkat alat *groundwater velocimeter* dan diusahakan tetap dalam keadaan tegak atau vertikal agar mendapatkan hasil maksimal;
7. Melepaskan spons dan kertas dari alat tersebut, mengeringkan kertas, dan memindai kertas, seperti pada Gambar 14.

Gambar 14 Kertas dan Spons

C.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data primer yang diambil secara langsung di lapangan dan data sekunder. Data – data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu

1. Data RTK (*Real Time Kinematic*)
2. Data Muka Air Tanah
3. Data *Groundwater Velocimeter*

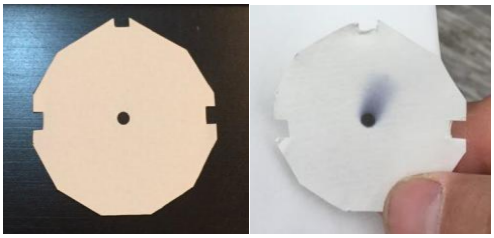
C.4.1 Pengukuran Muka Air Tanah

Pengukuran muka air tanah dilakukan dengan cara membaca pipa ukur disetiap sumur pantau di sekitar sekat kanal. Sebelum dilakukan pembacaan pipa ukur perlu di dorong kebawah untuk mengetahui pelampung di dalam pipa pada sumur pantau tersebut berfungsi dengan baik, setelah itu menunggu agar pipa ukur stabil, setelah itu dibaca angka pada pipa ukur tersebut.

C.4.2 Pengukuran Kecepatan Aliran Air Tanah

Pengukuran kecepatan aliran air tanah dilakukan pada sumur pantau yang dibangun di sekitar sekat kanal. Pengukuran pada daerah sekat kanal dilakukan dengan dua keadaan yaitu sekat kanal terbuka dan sekat kanal tertutup.

1. Prinsip pengukuran *Paper Disc Type of Groundwater Velocimeter*:
   a. Meletakkan 3 kertas yang mempunyai titik pada bidang aliran air tanah,
   b. Sebaran tinta mengikuti gerakan air yang mengalir, seperti pada Gambar 15.



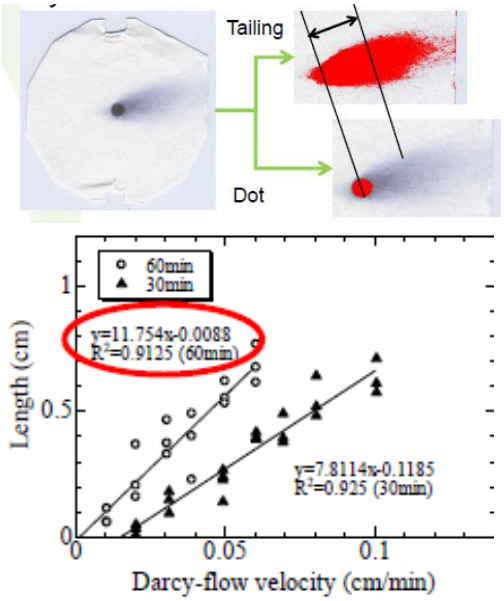
Gambar 15. Prinsip Pengukuran *Groundwater Velocimeter*
Sumber : (Yamamoto, 2016)

   c. Pada tiga kertas untuk satu sumur pantau yang diambil untuk hasil akhir adalah yang mempunyai arah dominan, dan mempunyai sebaran tinta yang sangat jelas dan terpanjang.
   d. Jika pada 3 kertas mempunyai arah yang berbeda maka diambil untuk hasil akhir adalah sebaran tinta yang sangat jelas dan sebaran tinta yang paling terpanjang.
   e. Jika pada 3 kertas tidak terdapat sebaran tinta maka tidak ada aliran yang terjadi.

2. Analsis Kertas Hasil Pengukuran

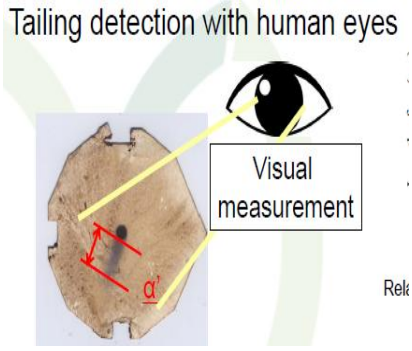
a. Bila kertas tidak kotor/terkena material gambut, pembacaan kecepatan dan arah aliran bisa dilakukan dengan;
   1. Memindai menggunakan kamera setelah kertas dalam kedaan kering dan tidak ada kotoran,
   2. Menganalisis dengan *ImageJ*,
   3. Mendapatkan titik berat dari sebaran tinta di kertas,
   4. Memasukkan ke kurva kalibrasi, dan mendapatkan kecepatan aliran air tanah.

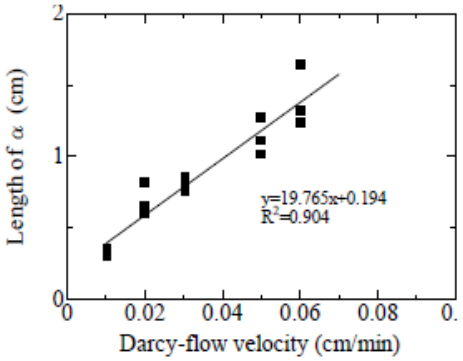
   Contoh pengukuran aliran air tanah dengan menggunakan *ImageJ* terdapat pada Gambar 16.



Gambar 16. Contoh Pengukuran Aliran Air Tanah menggunakan ImageJ
Sumber : (Yamamoto, 2016)

b. Bila kertas kotor dan tidak bisa dianalisis menggunakan *Image J*:
   1. Analisis manual dengan melihat jarak sebaran tinta pada kertas. Sebaran tinta diukur menggunakan penggaris.





Gambar 17 Analisis manual dengan Mata
Sumber: (Yamamoto, 2016)

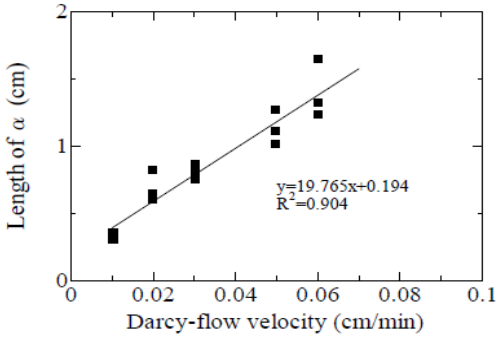
Pendekatan antara α dan Kecepatan aliran Darcy (foto pindaian)

$$\propto = \Delta x - r + 0{,}5D_e$$

D_e = Diameter *ellipsoid* (mm)
R = Radius dari titik asli (mm)
Δx =Titik pusat perpindahan sebaran tinta (mm)
Asumsi, $\propto' = \propto$

$$v = \frac{\propto - 0{,}194}{19{,}765} \ (cm/min)$$

c. Bila Sebaran tinta *lower limit*



Gambar 18. Pengukuran Tinta *Lower Limit*
Sumber : (Yamamoto, 2016)

$$v = \frac{\propto - 0{,}194}{19{,}765} \leq 0, \text{(cm/min)}$$

Jika ditemukan hasil v ≤ 0, maka dikatakan tidak ada aliran.

D. Hasil dan Pembahasan

D.1 RTK-GPS

Elevasi pada setiap sumur pantau dan *spillway* pada sekat kanal diukur menggunakan alat RTK-GPS. Tabel 1 sampai dengan Tabel 5 merupakan hasil pengukuran RTK-GPS dilapangan untuk sekat kanal 1, sekat kanal 4, sekat kanal 5 dan sekat kanal 6. Data RTK-GPS ini digunakan untuk menjadi acuan pada pembahasan arah aliran air.

Tabel 1. Hasil Pengukuran RTK pada SK 1

Lokasi	X	Y	Z	Elevasi (m)
SK 1	250449.695	104472.225	3.318	1.618
SP 1	250481.731	104473.670	6.108	4.408
SP 2	250500.260	104512.039	5.861	4.161
SP 3	250521.274	104554.309	5.335	3.635
SP 4	250546.599	104598.648	4.392	2.692
SK 5	250571.323	104643.123	4.273	2.573
BM	250524.797	104438.057	3.692	1.992
Tinggi Base			1.700	m

Tabel 2 Hasil Pengukuran RTK pada SK 4

Lokasi	X	Y	Z	Elevasi (m)
SK 4	255036.192	104418.270	6.354	4.656
SP 1	255057.982	104395.382	7.152	5.454
SP 2	255035.814	104348.389	7.328	5.630
SP 3	255015.196	104300.211	7.409	5.711
SP 4	255001.647	104235.637	7.542	5.844
SP 5	254993.965	104165.195	7.692	5.994
BM	255068.439	104403.882	7.278	5.580
Tinggi Base			1.698	m

Tabel 3 Hasil Pengukuran RTK pada SK 5

Lokasi	X	Y	Z	Elevasi (m)
SK 5	256145.569	103766.517	7.450	5.730
SP 1	256161.173	103760.582	8.174	6.454
SP 2	256199.748	103791.546	8.299	6.579
SP 3	256245.401	103827.115	8.338	6.618
SP 4	256271.265	103876.357	8.361	6.641
SP 5	256318.641	103908.781	8.225	6.505
BM	256167.244	103760.992	8.261	6.541
Tinggi Base			1.72	m

Tabel 4 Hasil Pengukuran RTK pada SK 6

Lokasi	X	Y	Z	Elevasi (m)
SK 6	256662.835	103437.945	4.641	2.883
SP 1	256664.218	103428.908	5.258	3.500
SP 2	256637.651	103392.350	5.306	3.548
SP 3	256609.502	103341.332	5.341	3.583
SP 4	256579.570	103287.792	5.348	3.590
SP 5	256539.977	103227.783	5.444	3.686
BM	256600.130	103315.075	5.459	3.701
Tinggi Base			1.758	m

D.2 Data Muka Air Tanah

Hasil pengukuran muka air tanah didapatkan dari pembacaan sumur pantau di lapangan. Data ini digunkana untuk menjadi justifikasi terhadap arah alirah pada air tanah. Data diambil dalam dua kedaan, yaitu saat sekat kanal dibuka dan sekat kanal ditutup.

Tabel 5 Data Muka Air Tanah pada Sekat Kanal Dibuka

SEKAT KANAL DIBUKA							
Tanggal Pengukuran	SK	Elevasi Muka Air Tanah (m)					
		SK	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5
8-03-2018	1	1.624	3.626	3.331	2.828	1.925	1.843
12-03-2018	4	4.706	4.664	4.780	5.001	5.229	5.419
11-03-2018	5	5.782	5.809	5.794	5.919	5.956	5.975
9-03-2018	6	2.883	2.683	2.775	2.906	2.941	2.952

Tabel 6 Data Muka Air Tanah pada Sekat Kanal Ditutup

SEKAT KANAL DITUTUP							
Tanggal Pengukuran	SK	Elevasi Muka Air Tanah (m)					
		SK	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5
13-03-2018	1	1.745	3.723	3.426	2.933	1.995	1.938
14-03-2018	5	5.865	5.834	5.774	5.879	5.941	5.955

D.3 Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran Air Tanah

Pengukuran menggunakan *groundwater velocimeter* dilakukan dengan dua keadaan yaitu sekat kanal terbuka dan sekat kanal tertutup.

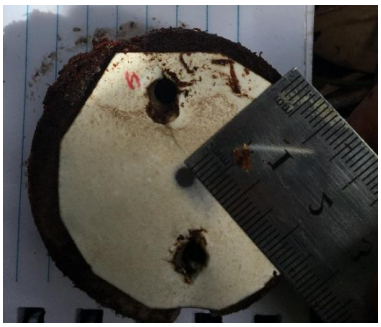
Tabel 7 Kecepatan dan Arah Aliran Sekat kanal dibuka.

Nama		Tanggal	Kecepatan (cm/min)	Arah Aliran (˚)
SK 1	SP-1	08 maret 2018	0.395	170
	SP-2		0.294	160
	SP-3		0.294	125
	SP-4		0.446	180
	SP-5		0.395	140
SK 4	SP-1	12 maret 2018	0.344	30
	SP-2		0.344	160
	SP-3		0.395	135
	SP-4		0.193	0
	SP-5		0.142	150
SK 5	SP-1	11 maret 2018		
	SP-2			
	SP-3			
	SP-4		0.496	115
	SP-5		0.193	45
SK 6	SP-1	9 maret 2018	0.547	155
	SP-2		0.243	220
	SP-3		0.496	180
	SP-4		0.395	5
	SP-5		0.344	325

Tabel 8 Kecepatan dan Arah Aliran Sekat kanal ditutup.

SEKAT KANAL DITUTUP				
Nama		Tanggal	Kecepatan (cm/min)	Arah Aliran (˚)
SK 1	SP-1	13 maret 2018	0.243	180
	SP-2		0.446	150
	SP-3		0.344	135
	SP-4		0.243	180
	SP-5		0.395	105
SK 5	SP-1	14 maret 2018	0.294	180
	SP-2			
	SP-3			
	SP-4			
	SP-5		0.547	290

Pada setiap satu sumur pantau ada tiga kertas yang didapat dari alat *Groundwater Velocimeter*. Pengukuran kecepatan di ambil dari arah dominan pada 3 kertas tersebut dan alfa terpanjang. Berikut contoh perhitungan kecepatan. Perhitungan Sekat Kanal 4, Sumur Pantau 3.



$$\alpha = 7 \text{ mm}$$

$$v = \frac{\propto - 0{,}194}{19{,}765}$$

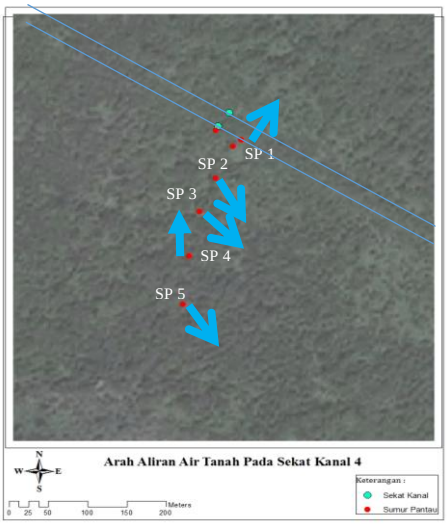
$$v = \frac{7 - 0{,}194}{19{,}765}$$

$$v = 0{,}344\ cm/min$$

Hasil pemetaan arah aliran disajikan pada Gambar 19 sampai dengan Gambar 22.

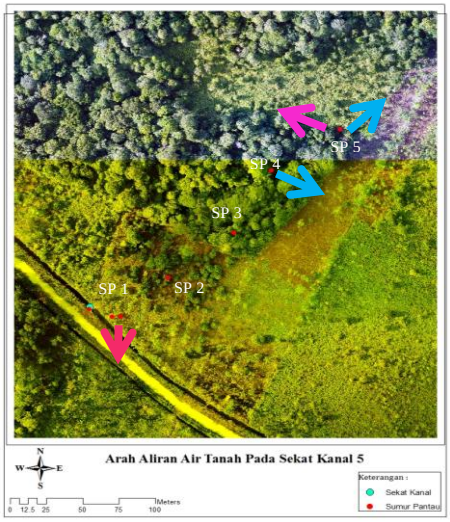
Gambar 19 Arah Aliran Air Tanah pada Sekat Kanal 1.

Aliran air tanah pada sekat kanal 1, pada sumur pantau 1 hingga sumur pantau 5 menunjukan ke arah kanal, pada saat sekat kanal dibuka dan ditutup arah aliran tidak berbeda, arah aliran tetap mengarah kepada kanal. Arah aliran yang sama dikarenakan perbedaan buka dan tutup pintu sekat kanal tidak lebih dari 24 jam, sehingga tidak menujukkan hasil signifikan.



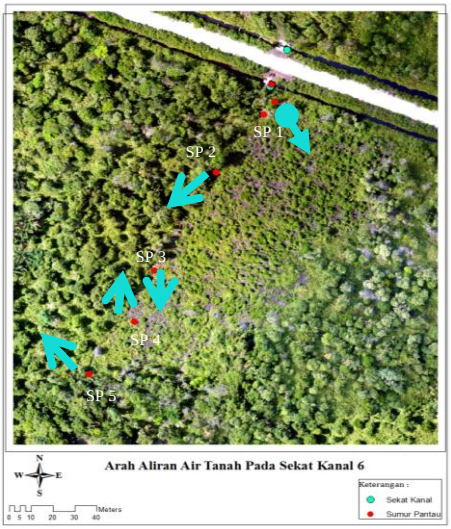
Gambar 20 Arah Aliran Air Tanah pada Sekat Kanal 4.

Pada sekat kanal 4 arah aliran pada sumur pantau 1 mengarah kearah kanal, sedangkan pada sumur pantau 2, sumur pantau 3 dan sumur pantau 5 arah aliran menuju ke tenggara. Perbedaan pada sumur pantau 4 dikarenakan daerah sumur pantau dekat dengan daerah cadangan air untuk pohon sagu.



Gambar 21 Arah Aliran Air Tanah pada Sekat Kanal 5

Pada sekat kanal 5 sumur pantau 2 dan sumur pantau 3 tidak terdapat aliran dikarekan curah hujan yang cukup tinggi sehari sebelum dilakukan penelitian pada sekat kanal 5. Pada saat hujan menyebabkan lahan gambut yang basah dan tidak terdapat gerakan aliran air tanah yang signifikan.



Gambar 22 Arah Aliran Air Tanah pada Sekat Kanal 6

Pada sekat kanal 6 arah aliran sangat tidak teratur dikarenkan perbedaan elevasi, dan tinggi tekanan pada daerah sekitar sumur pantau. Penutupan sekat kanal pada daerah ini tidak dilakukan karena hambatan pada daerah sekitar sekat kanal.

E. Kesimpulan dan Saran

E.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis aliran air tanah menggunakan *Groundwater Velocimeter* di Desa Lukun, Kabupaten Kepulauan Meranti dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil menujukkan arah aliran dilahan gambut tidak teratur, tergantung pada elevasi, tinggi tekanan daerah sekitar sumur pantau.
2. Sekat kanal akan berdampak pada arah aliran ait tanah jika dimusim kemarau, sedangkan penelitian ini dilakukan tidak pada musim kemarau.
3. Kecepatan aliran pada sekat kanal 1, untuk SP-1 dan SP-4 setelah sekat kanal ditutup berkurang, menunjukan bahwa sekat kanal mampu mengurangi laju aliran air tanah.
4. Penelitian ini sudah menggunakan alat yang bisa digunakan untuk mengukur kecepatan dan arah aliran air tanah di lahan gambut, untuk mendapatkan suatu hasil yang terintergrasi seharusnya memakai alat yang lebih banyak supaya keterwakilan daerah dan

perbedaan waktu tidak terlalu jauh sehingga didapat hasil yang lebih baik.

E.2 Saran

Adapun saran yang diberikan berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada pengerjaan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan alat yang lebih banyak, sehingga bisa mendapatkan data di waktu yang sama dan mewakili daerah yang lebih luas.
2. Sebaiknya perbandingan penelitian arah aliran yaitu sebelum kanal disekat dan sesudah kanal disekat agar terdapat perbedaan yang signifikan.
3. Penelitian seharusnya dilakukan pada musim kemarau dikarenakan jika dimusim penghujan lahan gambut yang basah menyebabkan aliran air tanah tidak terlalu signifikan.

F. Daftar Pustaka

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Pertanian, 2008. *Pemanfaatan dan Konservasi Ekosistem Lahan Rawa Gambut di Kalimantan.* [Online] Available at: http://pustaka.litbang.pertanian.go.id/pubikasi/ip012088

Dohong, A. et al., 2017. *Modul Pelatihan: Pembangunan Infrastruktur Gambut Sekat Kanal Berbasisi Masyarakat.* Jakarta: Kedeputian Bidang Konstruksi, Operasi dan Pemeliharaan, Badan Restorasi Gambut Republik Indonesia.

Noor, M., Masganti & Agus, F., 2014. *Lahan Gambut Indonesia, Pembentukan Karakteristik dan Potensi Mendukung Ketahanan Pangan.* [Online] Available at: http://nasih.staff.ugm.ac.id/wp-content/uploads/Lahan-Gambut-Indonesia.-Pembentukan-Karakteristik-dan-Potensi-Mendukung-Ketahanan-Pangan.-2014.pdf

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 16 Tahun 2017 tentang Pengertian Gambut. Dapat diakses di: http://hukumonline.com/

Pusat Studi Bencana Universitas Riau, 2017. *Analisis Karakteristik Dasar, Hidrologi Gambut dan Tata Kelola Studi Kasus KHG Pulau Tebing Tinggi Kabupaten Kepulauan Meranti.* Jakarta: Pusat Studi Bencana, Universitas Riau.

Ritung, S. & Sukarman, 2014. *Lahan Gambut Indonesia, Pembentukan Karakteristik dan Potensi Mendukung Ketahanan Pangan.*

Rizal, N. S. & Kuryanto, T. D., 2015. *TEKNIK PENDUGAAN DAN EKSPLOITASI AIRTANAH.* Jember: LPPM Unmuh Jember.

Suharto, B., 2014. *Perspektif Dinas Perkebunan Propinsi Riau.* [Online] Available at: http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BSuyanto0301I4.pdf

Sutikno, S. et al., 2017. *Model Sistem Tata Kelola Air untuk Restorasi Hidrologi dalam KHG PTT, Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau.* s.l.:Pusat Studi Bencana , LPPM, Universitas Riau.

Yamamoto, 2016. *Field adaptation test using Paper Disc Type of Groundwater Velocimeter.* s.l.:Department of Civil & Environmental Engineering, Yamaguchi University.