

Analisis Konduktivitas Hidrolik Dengan Metode Bouwer and Rice (1976)

Panji Tegar Aji¹, Sigit Sutikno², Muhamad Yusa³

^{1,2,3} Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru, Kode 28293
Email: panji.tegaraji1273@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Land fires are frequent disasters, especially on peatlands. One of the efforts to prevent fire on peatlands is by building canal blocks. The effectiveness of the canal block needs to be analyzed for its effectiveness to find out whether the canal block can prevent peatland fires. Hydraulic conductivity is one of the parameters used to determine the effectiveness of canal block construction. Hydraulic conductivity is the ability of the soil to drain water through it. The purpose of this study is to find out how much the hydraulic conductivity value of peatlands in Lukun Village and to find out whether the canal blocking construction in Lukun Village is effectively built. The results of this study indicate the value of hydraulic conductivity with the Rice and Bower (1976) method is 0.366 m / day - 14.146 m / day. The value of hydraulic conductivity also shows that the construction of canal blocks in Lukun Village is effective in preventing peatland fires.

Keywords: Hydraulic Conductivity, Peatland, Rice and Bouwer (1976)

PENDAHULUAN

Gambut adalah jenis lahan yang terbentuk dari akumulasi sisa tumbuhan yang setengah membusuk atau mengalami dekomposisi tidak sempurna, mengandung bahan organik yang tinggi, biasanya digenangi air sehingga kondisinya anaerobik. Kedalamannya bisa mencapai lebih dari 10 meter. Lazimnya di dunia bahwa disebut sebagai lahan gambut apabila kandungan bahan organik dalam tanah melebihi 30% dan ketebalannya lebih dari 50 cm. Hutan rawa gambut di Indonesia umumnya mempunyai kandungan organik lebih dari 65%. Lahan gambut banyak dijumpai di daerah-daerah jenuh air seperti rawa, cekungan, atau daerah pantai. (Wikipedia, 2019)

Lahan merupakan lahan yang mudah terbakar. Salah satu upaya untuk mencegah terjadinya kebakaran hutan di lahan gambut adalah dengan membangun

sekat kanal. Salah satu parameter untuk mengetahui keefektifan sekat kanal dalam membasahi lahan gambut dapat ditinjau berdasarkan nilai konduktivitas hidroliknya.

Konduktivitas hidrolik merupakan kemampuan tanah untuk mengalirkan air. Semakin tinggi nilai konduktivitas hidroliknya maka akan semakin besar juga rongga yang ada didalam tanah begitu juga sebaliknya. Konduktivitas hidrolik pada tanah dapat dianalisis dengan menggunakan metode slug test. Metode *slug test* adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengukur konduktivitas hidrolik tanah dengan menggunakan sumur tunggal. (Prabandini, 2016)

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Lahan Gambut

Lahan gambut adalah lahan yang memiliki lapisan tanah kaya bahan organik (C-organik lebih besar dari 18%)

dengan ketebalan 50 cm atau lebih. Bahan organik penyusun tanah gambut terbentuk dari sisa-sisa tanaman yang belum melapuk sempurna karena kondisi lingkungan jenuh air dan miskin hara. Oleh karenanya lahan gambut banyak dijumpai di daerah rawa belakang (*back swamp*) atau daerah cekungan yang drainasinya buruk. (Cristie & Lumban, 2018)

Air Tanah

Air tanah (*groundwater*) berbeda dengan air dalam tanah (*soil water*). Air tanah (*groundwater*) merupakan air yang berada pada lapisan akuifer atau zona jenuh air (*saturated zone*). Sedangkan air dalam tanah (*soil water*) adalah air yang berada pada zona tidak jenuh air (*unsaturated zone*).

Air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat didalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akifer. Lapisan yang mudah dilalui oleh air tanah disebut lapisan *permeable*, seperti lapisan yang terdapat pada pasir atau kerikil, sedangkan lapisan yang sulit dilalui air tanah disebut lapisan *impermeable*, seperti lapisan lempung atau geluh. (Materi, 2017)

Aliran Air Tanah

Aliran air tanah merupakan air hujan yang masuk kedalam tanah, karena banyaknya air yang masuk ke dalam tanah sehingga terjadi aliran air tanah (*base flow*). Sumber terbesar dari aliran air tanah adalah curah hujan, tetapi ada faktor lain yang mempengaruhi aliran air tanah adalah pori – pori pada tanah tersebut.

Water Logger

Water Logger merupakan alat uji pengukur ketinggian dari dasar *Water Logger* sampai ke permukaan. *Water Logger* mengukur ketinggian MAT dengan metode mengukur tekanan air untuk mengetahui tingkat kedalaman air.

Konduktivitas Hidrolik (*Permeabilitas*)

Konduktivitas hidrolik adalah kemampuan tanah untuk mengalirkan cairan yang melewatinya. Ada dua kondisi konduktivitas hidrolik, yaitu pada saat jenuh air dan tidak jenuh air. Kondisi jenuh air terjadi ketika pori-pori pada tanah sudah terisi air. Kondisi tidak jenuh air terjadi ketika pori-pori pada tanah tidak terisi dengan air. (Khasanah, 2015)

Kecepatan aliran air di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh besar dan kecilnya pori-pori tanah. Ukuran pori dan hubungan antara pori sangat berpengaruh terhadap kecepatan aliran air. Ketika ukuran pori-pori tanah besar dan memiliki hubungan antar pori yang baik maka aliran air pada tanah akan semakin cepat. Jika ukuran pori pada tanah cukup besar tetapi tidak memiliki hubungan antar pori yang baik maka kecepatan aliran air akan mendekati nol. Ketika ukuran pori-pori tanah kecil dan memiliki hubungan antar pori yang baik maka aliran air pada tanah akan melambat. Jika ukuran pori-pori tanah sangat kecil maka kecepatan aliran air juga akan mendekati nol seperti pada tanah liat.

Slug Test

Slug test adalah pengujian pada tanah untuk mengetahui nilai konduktivitas hidrolik (*permeabilitas*) dari tanah dengan menggunakan sumur tunggal. Metode yang digunakan pada *slug test* adalah dengan mengamati perubahan MAT secara instan (baik peningkatan maupun penurunan) pada Sumur Observasi (SO). Salah satu metode untuk menghitung nilai

konduktivitas hidrolik adalah Metode Bouwer and Rice (1976)

$$K = \frac{rc^2 \ln\left(\frac{Re}{rw}\right)}{2L} \times \left(\frac{1}{t}\right) \ln\left(\frac{So}{St}\right) \quad (1)$$

dengan

$$\left(\frac{Re}{rw}\right) = \left(\frac{1.1}{\ln\left(\frac{H}{L}\right)} \times \left(\frac{C}{\frac{L}{rw}}\right)\right)^{-1} \quad (2)$$

Keterangan:

K = Konduktivitas hidrolik (m/detik),

H = kedalaman sumur, diukur dari dasar sumur sampai muka freatik (m),

L = ketinggian dinding sumur yang porous (m),

rc = jari-jari sumur pada bagian kedap air (m),

rw = jari-jari sumur pada bagian yang porous (m),

Re = jari-jari lingkaran pengaruh ("head loss" So dalam system aliran dihilangkan) (m),

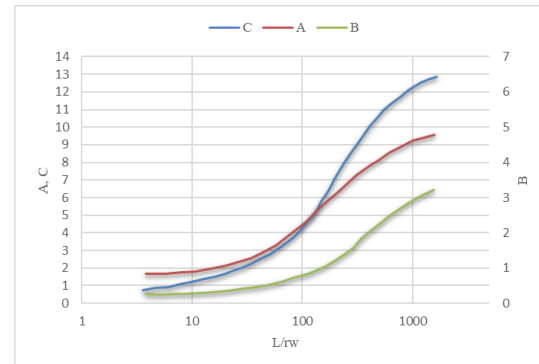
So = jarak *vertical* antara muka freatik pada kondisi setimbang (awal) dengan muka freatik setelah diisi air (m),

St = jarak *vertical* antara muka freatik pada kondisi setimbang (awal dengan muka freatik pada waktu t (detik) setelah pengisian air dihentikan)

t = waktu setelah pemompaan dihentikan (detik), dan

C = koefisien tanpa dimensi, yang merupakan fungsi dari L/rw.

Kurva hubungan nilai C dan L/rw dapat dilihat pada Gambar 1. berikut ini.

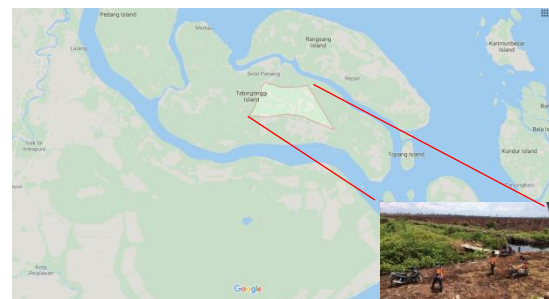


Gambar 1. Kurva Hubungan C dengan L/rw Menurut Bouwer dan Rice 1976 dalam Santosa dan Adji, 2014
Sumber : (Pranita, 2016)

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

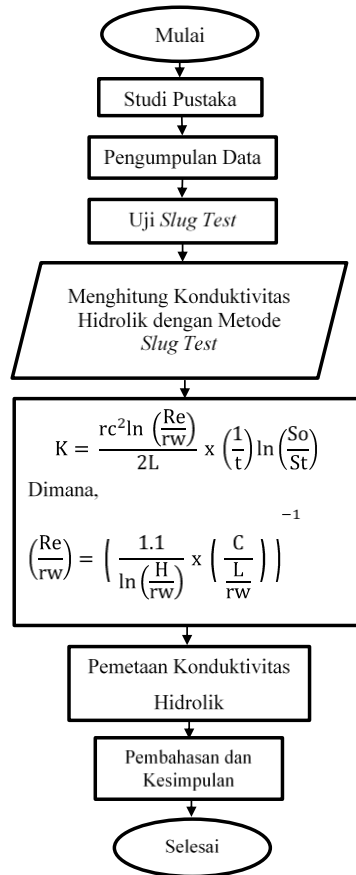
Lukun merupakan salah satu desa yang ada di kecamatan Tebing Tinggi Timur, Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau, Indonesia. Letak geografis Kelurahan atau Desa Lukun sebelah Barat berbatasan dengan Desa Batin Suir, sebelah Utara berbatasan dengan Desa Banglas, sebelah Selatan berbatasan dengan Desa Kepau Baru, sebelah Timur berbatasan dengan Sungai Tohor.



Analisis Data

1. Menganalisis data *Water Logger* menjadi data Tinggi Muka Air (TMA).
2. Menghitung nilai So, St dan t kemudian menghitung nilai konduktivitas hidrolik dengan menggunakan metode Bouwer and Rice (1976).

Bagan Alir



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Slug Test di Lapangan

Data yang terekam pada *Water Logger* merupakan data tekanan udara ketika *Water Logger* belum dimasukkan kedalam air dan setelah *Water Logger* dikeluarkan dari dalam air.

Perhitungan Tinggi Muka Air Berdasarkan Data *Water Logger*

1. Perhitungan Tekanan Air

Untuk mengetahui berapa tekanan air, data *Water Logger* yang terekam harus dikurang dengan tekanan udara. Tekanan udara pada *Water Logger* merupakan tekanan yang terekam sejak awal *Water*

Logger diaktifkan. Tekanan udara pada transek 1 SO 1 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Awal Rekaman *Water Logger* Transek 1 SO 1

N o	Waktu	Pressure (Kpa)
1	7/5/2019 15:24	100,63
2	7/5/2019 15:24	100,63
3	7/5/2019 15:24	100,63

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan Air} &= \text{Tekanan Total} - \text{Tekanan Udara} \\
 &= 100.63 - 100.63 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Tekanan air pada awal rekaman data *Water Logger* masih 0 dikarenakan *Water Logger* masih belum dimasukkan kedalam air.

2. Perhitungan Tinggi Muka Air (TMA)

Merubah data tekanan menjadi data Tinggi Muka Air (TMA) diperlukan nilai g dan ρ air. Rekaman data awal dari *Water Logger* masih belum merekam data tekanan air, jadi perlu diketahui kapan *Water Logger* mulai merekam tekanan air. Rekaman tekanan air dalam sumur observasi dimulai ketika tekanan total mulai mengalami peningkatan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Perubahan Tekanan pada Rekaman Data *Water Logger* pada Transek 1 SO 1

No	Waktu	Pressure (Kpa)	Tekanan Air (Kpa)
1540	7/5/2019 15:49	100,624	-0,006
1541	7/5/2019 15:49	100,624	-0,006
1542	7/5/2019 15:49	101,661	1,031
1543	7/5/2019 15:49	103,556	2,926

$$TMA \text{ dari Hobo} = \frac{\text{Tekanan Air}}{\rho \text{ air} \times g}$$

$$= \frac{1.031}{1 \times 9,81}$$

$$= 0,105 \text{ m}$$

Nilai H (tinggi muka air dari dasar sampai muka air tanah) dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$H = \text{Kedalaman TMA dari atas Water Logger} + \text{Selisih Kedalaman Water Logger dan Sumur Observasi}$$

$$= 0,105 + 0,33$$

$$= 0,435 \text{ m}$$

Perhitungan Konduktivitas Hidrolik Metode Bouwer and Rice (1976)

1. Perhitungan Nilai So, St, dan t

Nilai So, St dan t didapatkan setelah menghitung nilai H. TMA total pada transek 1 sumur observasi 1 yang digunakan sebagai H adalah ketika data rekaman *Water Logger* yang sudah dimasukkan kedalam air mulai konstan pembacaannya dan biasanya dapat dilihat sebelum tekanan naik akibat sumur observasi diisi oleh air seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Rekaman *Water Logger* Transek 1 SO 1 Saat TMA Konstan

No	Waktu	Kedalaman Air (cm)
1572	7/5/2019 15:50	107,903
1573	7/5/2019 15:50	107,699
1574	7/5/2019 15:50	107,699
1575	7/5/2019 15:50	107,801
1576	7/5/2019 15:50	107,760
1577	7/5/2019 15:50	107,760
1578	7/5/2019 15:50	107,760
1579	7/5/2019 15:50	107,760
1580	7/5/2019 15:50	107,760
1581	7/5/2019 15:50	107,862
1582	7/5/2019 15:50	107,760
1583	7/5/2019 15:50	107,862
1584	7/5/2019 15:50	107,954

1585	7/5/2019 15:50	107,954
1586	7/5/2019 15:50	107,720
1587	7/5/2019 15:50	107,811
1588	7/5/2019 15:50	107,811
1589	7/5/2019 15:50	107,811
1590	7/5/2019 15:50	107,913
1591	7/5/2019 15:50	107,913
1592	7/5/2019 15:50	113,438
1593	7/5/2019 15:50	123,968
1594	7/5/2019 15:50	135,752

Nilai H yang digunakan pada penelitian ini dihitung dengan meratakan 20 data sebelum adanya kenaikan tekanan karena sumur diisi dengan air. Nilai H pada transek 1 SO 1 dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

$$H = \frac{107,903 + 107,669 + 107,669 + 107,801 + 107,760 + 107,760 + 107,760 + 107,760 + 107,862 + 107,760 + 107,862 + 107,954 + 107,954 + 107,720 + 107,811 + 107,811 + 107,811 + 107,913 + 107,913}{20}$$

$$= 107,814 \text{ cm}$$

Berdasarkan data rekaman *Water Logger* dapat diketahui nilai So dengan menghitung selisih TMA maksimum ketika sumur observasi sudah diisi air dengan H. TMA maksimum dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekaman Data *Water Logger* TMA Tertinggi Transek 1 SO 1

No	Waktu	Tekanan Air (Kpa)	Kedalaman Air (cm)
1599	7/5/2019 15:50	14.784	183,703
1600	7/5/2019 15:50	14.96	185,497
1601	7/5/2019 15:50	14.725	183,102

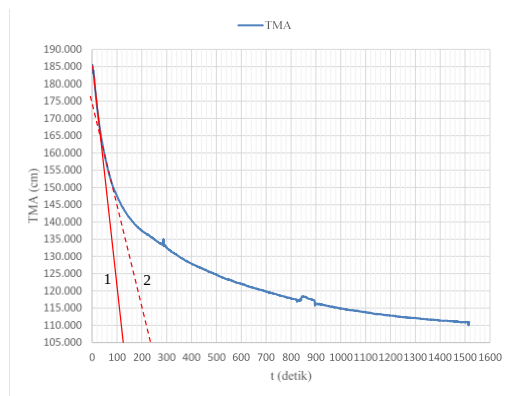
Nilai So pada transek 1 SO 1 dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

$$So = \text{TMA maksimum} - H$$

$$= 185,497 - 107,814$$

$$= 77,683 \text{ cm}$$

Setelah mendapatkan nilai S_o maka perlu dihitung nilai S_t dan pada t (detik) berapa nilai S_t yang kita gunakan. Nilai S_t dan t (detik) dapat diketahui berdasarkan grafik hubungan antara TMA dan waktu (t). Grafik hubungan antara penurunan TMA dan waktu (t) pada transek 1 SO 1 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Gambar Grafik Hubungan Antara Penurunan TMA dan Waktu Transek 1 SO 1

Nilai S_o dan t dapat diketahui dengan menarik garis lurus dari penurunan awal sampai menyentuh nilai t . Berdasarkan perpotongan antara garis lurus dan nilai t didapatkan berapa nilai t yang digunakan dalam perhitungan. Setelah nilai t diketahui maka nilai S_t juga dapat diketahui. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa penyimpangan garis ukur dan garis penurunan terjadi pada detik ke-122. Sehingga waktu t (detik) dan S_o dapat diketahui berdasarkan Tabel 4.

Tabel 4. Hubungan TMA dan t

TMA (cm)	t (detik)
144,417	121
144,325	122
144,121	123

Detik ke-122 dapat diketahui bahwa nilai TMA minimum pada detik ke-122

adalah 144,325. Nilai S_t dapat diketahui dengan perhitungan berikut.

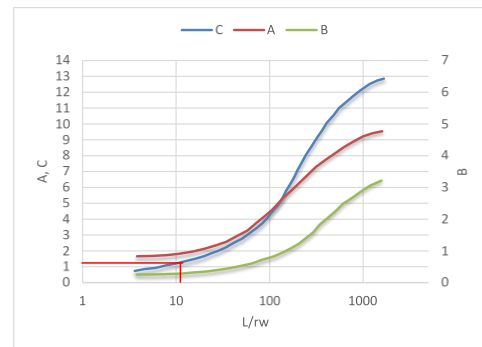
$$\begin{aligned} S_t &= \text{TMA minimum} - H \\ &= 144,325 - 107,814 \\ &= 35,511 \text{ cm} \end{aligned}$$

2. Perhitungan dan Pembahasan Nilai Konduktivitas Hidrolik (K)

Nilai konduktivitas hidrolik dapat dihitung dengan Persamaan (1). Sebelum menghitung nilai K , perlu dihitung lebih dahulu nilai $\ln\left(\frac{Re}{rw}\right)$ dengan Persamaan (2).

Nilai C didapat dari kurva hubungan C dan L/rw pada Gambar 4.

$$\begin{aligned} L/rw &= 0,33/0,03 \\ &= 10,855 \end{aligned}$$



Gambar 4. Penentuan Nilai C

Setelah nilai C diketahui maka $\ln\left(\frac{Re}{rw}\right)$ dapat dihitung dengan Persamaan (2) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{Re}{rw}\right) &= \left(\frac{1.1}{\ln\left(\frac{H}{rw}\right)} \times \left(\frac{C}{L/rw} \right) \right)^{-1} \\ &= \left(\frac{1.1}{\ln\left(\frac{1,078}{0,030}\right)} \times \left(\frac{1,25}{0,33} \right) \right)^{-1} \\ &= 2,677 \end{aligned}$$

Setelah nilai $\ln\left(\frac{Re}{rw}\right)$ diketahui maka konduktivitas hidrolik dapat diketahui dengan Persamaan (1) sebagai berikut.

$$K = \frac{rc^2 \ln\left(\frac{Re}{rw}\right)}{2L} \times \left(\frac{1}{t}\right) \ln\left(\frac{So}{St}\right)$$

$$= \frac{0,025^2 \times 2,677}{2 \times 0,33} \times \left(\frac{1}{122}\right) \ln\left(\frac{0,777}{0,365}\right)$$

$$= 1,619 \times 10^{-5} \text{ m/detik}$$

$$= 1,399 \text{ m/hari}$$

Hasil perhitungan untuk sumur observasi yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Data dan Hasil Konduktivitas Hidrolik Semua Sumur

Sumur Observasi	So (m)	St (m)	rc (m)	rw (m)	L	H air (m)	t (detik)	C	K (m/hari)
Transek 1 SO 1	0.777	0.365				1.078	122		1.399
Transek 1 So 2	0.721	0.330				0.833	40		4.757
Transek 1 SO 3	0.950	0.374				0.800	720		0.319
Transek 1 SO 4	0.251	0.085				1.003	20		12.498
Transek 2 SO 1	0.798	0.399				1.006	180		0.889
Transek 2 SO 2	0.318	0.168	0.025	0.030	0.330	0.817	12	1.250	12.964
Transek 2 SO 3	0.373	0.184				0.919	22		7.616
Transek 2 SO 4	0.494	0.178				1.005	20		11.756
Transek 3 SO 1	0.804	0.320				1.074	120		1.736
Transek 3 SO 2	0.604	0.301				1.143	70		2.214
Transek 3 SO 3	0.461	0.185				0.920	20		10.794
Transek 3 SO 4	0.425	0.160				1.102	19		11.553

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan untuk nilai konduktivitas hidrolik (K) pada 12 sumur observasi yang berada di Desa Lukun didapatkan bahwa nilai K dengan metode Bouwer and Rice (1976) memiliki rentang 0,319 m/hari – 12,964 m/hari. Rentang nilai K dengan metode Rice and Bouwer (1976) tidak terlalu jauh karena lokasi sumur observasi dilapangan yang tidak terlalu jauh. Penelitian dilakukan pada saat musim kemarau dilapangan yang menyebabkan muka air tanah berada ± 1 meter dibawah permukaan tanah.

SARAN

- 1) Diharapkan dipasang alat tambahan saat mengukur penurunan MAT agar data yang direkam oleh *Water Logger*

bisa terekam hingga MAT mencapai kondisi *steady*.

- 2) Diharapkan dilakukan perbandingan dengan metode lain agar hasil yang didapatkan bisa lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cristie, P., & Lumban, E. (2018). *Tingkat Persepsi Masyarakat Dalam Upaya Pemulihan dan Pelestarian Ekosistem Gambut di Desa Perbangunan Kecamatan Sei Kepayang Kabupaten Asahan*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Khasanah, S. (2015). Konduktivitas Hidrolik Tanah. Retrieved from <http://kumpulancerpw.blogspot.com/2015/06/konduktivitas-hidrolik-tanah.html>
- Materi, S. (2017). Pengertian Tanah dan 4 Jenis Akifer. Retrieved from

- <https://sobatmateri.com/pengertian-air-tanah-dan-4-jenis-akiifer/>
- Prabandini, G. (2016). *Pengukuran Konduktivitas Hidrolik Gambut Dengan Menggunakan Metode Slug Test (Studi Kasus : Katingan, Kalimantan Tengah)*.
- Pranita, R. (2016). *Analisis Karakteristik Akuifer Tidak Tertekan*. Universitas Muhammadiyah Purworejo.
- Wikipedia. (2019). Gambut. Retrieved from <https://id.wikipedia.org/wiki/Gambut>