

MODEL REGRESI UNTUK PREDIKSI MUKA AIR TANAH DI LAHAN GAMBUT

Setia Dewi Nurza¹⁾, Sigit Sutikno²⁾, Rinaldi²⁾

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 : setia.dewinurza@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Peatland fires in Indonesia occur almost every year with an ever-increasing area. Factors affecting peat drought and fire are the high and low ground water level of the peat, for this reason it is necessary to review how high the peat water level can cause a fire so that it can be used as an early warning before peatland fires occur. This study created a hydrological model using regression analysis to predict groundwater levels in peatlands which were then verified using correlation coefficients. The data used were obtained from the SESAME tool namely rainfall data and water surface data recorded in time series per 10 minutes. The hydrological model is carried out with several variations of data usage periods to get the best value. The results showed the use of data for the period July 2017 - December 2017 got the best correlation coefficient value of 0.86, while the use of data for the period February 2018 - July 2018 obtained the lowest correlation coefficient value of 0.15.

Key words: Fires, hydrological models, regression analysis, peatland

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lahan gambut yang luas sekitar 14,9 juta ha yang tersebar di tiga pulau besar Indonesia, yaitu di Pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Lahan gambut merupakan lahan yang tergenang air sehingga kurang cocok digunakan sebagai lahan pertanian. Masyarakat banyak melakukan cara seperti pembuatan kanal untuk mengurangi air di lahan gambut agar lahan gambut menjadi kering dan bisa digunakan untuk lahan pertanian. Pembuatan kanal yang berlebihan, alih fungsi lahan, dan penebangan kayu dapat meningkatkan laju aliran air tanah yang keluar dari gambut serta mengakibatkan muka air tanah gambut yang awalnya tinggi menjadi rendah. Turunnya muka air tanah lahan gambut menyebabkan gambut menjadi kering yang bisa meningkatkan risiko kebakaran pada lahan gambut.

Kebakaran lahan gambut di Indonesia terjadi hampir setiap tahun dengan luasan yang selalu bertambah setiap tahunnya. Faktor yang mempengaruhi kekeringan dan kebakaran lahan gambut selain dari pembuatan kanal adalah tinggi rendahnya muka air tanah pada gambut, untuk itu perlu

ditinjau berapa nilai tinggi muka air gambut yang bisa menyebabkan kebakaran agar bisa dijadikan sebagai peringatan dini sebelum terjadi kebakaran lahan gambut. Muka air tanah pada gambut dipengaruhi oleh faktor curah hujan. Curah hujan yang rendah mengakibatkan elevasi muka air di bawah tanah akan menurun perlahan-lahan, namun jika curah hujan yang tinggi maka air tanah akan mengisi kembali sehingga elevasi muka air tanah meningkat.

Lahan gambut tropis akan mudah terbakar jika dalam kondisi kering dengan kedalaman muka air tanah lebih dari 0,4 m (Susilo et al. 2013), sehingga untuk bisa mengetahui risiko terjadinya kekeringan dan kebakaran pada lahan gambut Pemerintah Republik Indonesia melalui Badan Restorasi Gambut (BRG) melakukan monitoring kedalaman muka air tanah secara *real time* dengan menggunakan alat SESAME (*Sensory Data Transmission Service Assisted by Midori Engineering*). Alat SESAME ini dipasang pada beberapa wilayah gambut untuk mengontrol muka air tanah gambut yang dapat merekam data permukaan air tanah dan curah hujan. Studi kasus yang

dipilih pada penelitian ini adalah di Provinsi Sumatera Selatan pada sistem pemantauan air lahan gambut (sipalaga) Stasiun Lumpur 2 yang terletak di Kecamatan Air Sugihin, Kabupaten Ogan Komering Ilir (OKI).

Alat SESAME ini adalah alat yang digunakan untuk mengetahui tinggi muka air tanah pada lahan gambut. Namun, alat SESAME tidak bisa memberikan nilai tinggi muka air tanah dalam jangka waktu yang seperti sehari yang akan datang atau berbulan-bulan yang akan datang, karena data yang diberikan adalah data series time setiap 10 menit. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang prediksi tinggi muka air tanah pada lahan gambut untuk mengetahui berapa tinggi muka air tanah pada lahan gambut diwaktu yang akan mendatang sebagai peringatan dini, agar bisa mengambil tindakan lebih awal dan tepat untuk mengatasi sebelum terjadinya kekeringan dan kebakaran pada lahan gambut.

TINJAUAN PUSTAKA

Lahan Gambut

Lahan gambut merupakan tanah yang terbentuk dari hasil akumulasi timbunan bahan organik. Timbunan ini terbentuk secara alami dari pelapukan vegetasi yang tumbuh di atas tanah dalam jangka waktu ratusan tahun. Proses dekomposisi bahan menjadi terhambat karena kondisi anaerob dan basah, hal ini menyebabkan tanah gambut banyak dijumpai di rawa-rawa (Noor, 2001). Gambut memiliki karakteristik dan sifat fisik yang khas, yaitu mampu menyerap air sangat banyak namun jika gambut mengalami kekeringan maka gambut yang telah mengering tidak dapat menyerap air kembali karena gambut bersifat kering tidak balik (*irreversible drying*).

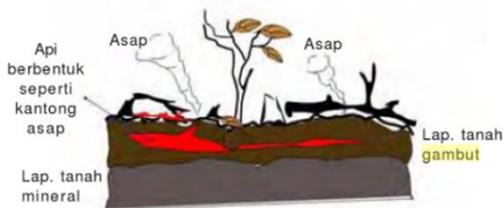
Kekeringan Lahan Gambut

Kekeringan pada lahan gambut bisa disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Perubahan iklim pada musim kemarau merupakan salah satu

faktor alam yang mengakibatkan terjadinya kekeringan pada lahan gambut. Sedangkan kekeringan akibat faktor manusia sering kali dilakukan dengan sengaja, seperti kanalisasi pada lahan gambut. Kanalisasi yang berlebihan pada lahan gambut dapat meningkatkan laju aliran air tanah keluar dari gambut yang menyebabkan gambut mengalami penurunan permukaan air. Penurunan permukaan air gambut yang tinggi dapat menyebabkan gambut menjadi kering. Menurut Chotimah (2002) dalam Widyati (2011), gambut akan kehilangan air tersedia setelah mengalami kekeringan selama 4 - 5 minggu. Selain tidak dapat menyimpan air, gambut yang sudah telanjur kering tidak dapat lagi menyerap unsur hara. Akibatnya gambut berubah sifat seperti arang sehingga pada musim kemarau sangat rawan terhadap kebakaran.

Kebakaran Lahan Gambut

Kebakaran lahan gambut dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kadar air gambut, tingkat dekomposisi gambut, tinggi muka air dan curah hujan (Hidayati, 2018). Kebakaran lahan gambut sering terjadi saat pembukaan lahan (*land clearing*) yang menyebabkan peningkatkan emisi CO₂ dari oksidasi biomassa tanaman dan lapisan gambut yang terbakar. Kebakaran lahan gambut juga menghasilkan asap tebal yang menyebabkan gangguan pernafasan, gangguan transportasi darat, laut, maupun udara (Dariah, et al., 2014). Kebakaran lahan gambut tergolong dalam kebakaran bawah (*ground fire*) seperti yang terlihat pada Gambar 1, pada kebakaran bawah permukaan api akan menyebar tidak menentu karena tidak dipengaruhi oleh angin. Api membakar bahan organik dengan pembakaran yang tidak menyala (*smoldering*) sehinggananya asap berwarna putih saja yang tampak di atas permukaan. Kebakaran bawah permukaan ini berasal dari kebakaran permukaan yang kemudian menjalar ke bawah permukaan (Adinugroho, et al., 2005).



Gambar 1. Tipe kebakaran bawah (*ground fire*)
 Sumber : (Adinugroho, et al., 2005)

Model Hidrologi

Model hidrologi merupakan gambaran sederhana dari suatu sistem hidrologi yang aktual. Siklus hidrologi adalah aspek penting yang diperlukan untuk model hidrologi. Penggunaan model digunakan untuk memahami suatu sistem yang rumit agar menjadi lebih sederhana dibandingkan keadaan sebenarnya. Pada penelitian ini akan dilakukan permodelan hidrologi untuk menghitung prediksi fluktuasi muka air tanah. Ketinggian muka air tanah pada penelitian ini mengacu pada kesetimbangan air seperti yang terlihat pada Gambar 4. Dari penyederhanaan keseimbangan air dilahan gambut diperoleh persamaan untuk menganalisis perubahan muka air tanah setiap hari seperti yang terlihat pada Persamaan (1):

$$dW = dW_{rain} - dW_{loss} \quad (1)$$

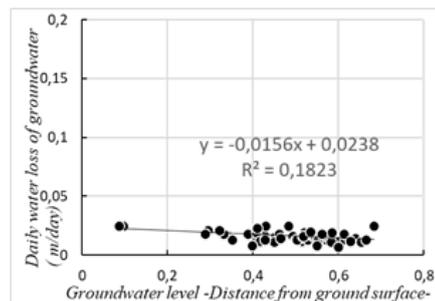
dengan:

dW = perubahan permukaan air tanah setiap hari,

dW_{rain} = peningkatan harian tingkat muka air tanah oleh curah hujan,

dW_{loss} = kehilangan harian tingkat air tanah dengan evapotranspirasi dan limpasan.

Analisis kehilangan harian tingkat air tanah dengan evapotranspirasi dan limpasan (dW_{loss}) dapat diperoleh menggunakan persamaan yang dikeluarkan berdasarkan analisis metode regresi seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai kehilangan air harian berdasarkan evapotranspirasi dan limpasan
 Sumber : (Takahashi, et al., 2017)

Nilai kehilangan air tanah per hari (dW_{loss}) dapat dihitung menggunakan Persamaan (2):

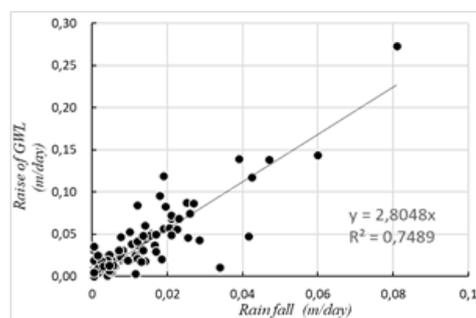
$$Y = -0,0156x + 0,0238 \quad (2)$$

dengan;

Y = dW_{loss} ,

x = ketinggian air tanah di awal hari.

Analisis peningkatan harian tingkat muka air tanah oleh curah hujan menggunakan metode regresi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai peningkatan harian tingkat muka air tanah oleh curah hujan
 Sumber : (Takahashi, et al., 2017)

Nilai peningkatan harian tingkat muka air tanah (dW_{rain}) dapat dilihat pada Persamaan (3):

$$Y = 2,8048x \quad (3)$$

dengan:

Y = dW_{rain} ,

x = jumlah curah hujan per hari.

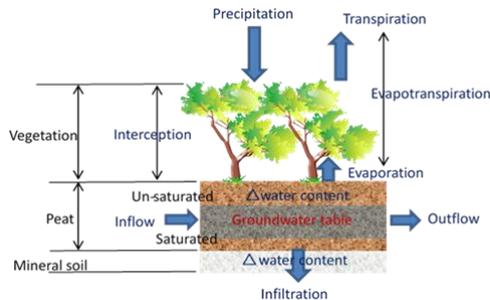
Selanjutnya adalah tahapan validasi dengan menggunakan Persamaan (4):

$$W_{n+1} = W_n + dW_{rain} - dW_{loss} \quad (4)$$

dengan:

W_{n+1} = tinggi muka air tanah hari berikutnya,

W_n = tinggi muka air tanah saat ini.



Gambar 4. Prinsip keseimbangan air pada suatu bagian lahan gambut

Sumber : (Takahashi, et al., 2017)

Verifikasi Model

Verifikasi adalah proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi. Evaluasi ketelitian model hidrologi bisa dievaluasi menggunakan indikator koefisien korelasi (R). Koefisien korelasi (R) adalah nilai yang menunjukkan kuat atau tidaknya hubungan linear antara dua variable. Adapun kasifikasi besaraan nilai koefisien korelasi (R) dapat dilihat pada Tabel 1.

Nilai Koefisien Korelasi R	Kriteria Hubungan
0,0	Tidak ada korelasi
0,0 – 0,5	Korelasi lemah
0,5 – 0,8	Korelasi sedang
0,8 – 1,0	Korelasi kuat
1,0	Korelasi sempurna

Sumber : (Siagian & Sugiarto, 2006)

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada sistem pemantauan air lahan gambut (sipalaga) Stasiun Lumpur 2 Kec. Air Sugihin, Kab. Ogan Komering Ilir (OKI), Provinsi

Sumatera Selatan. Provinsi Sumatera Selatan terletak pada posisi 1^o-4^o Lintang Selatan dan antara 102^o-106^o Bujur Timur yang merupakan dataran rendah dengan ketinggian rata-rata + 79 meter diatas permukaan laut. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Lokasi Stasiun Lumpur 2

Tahapan Penelitian

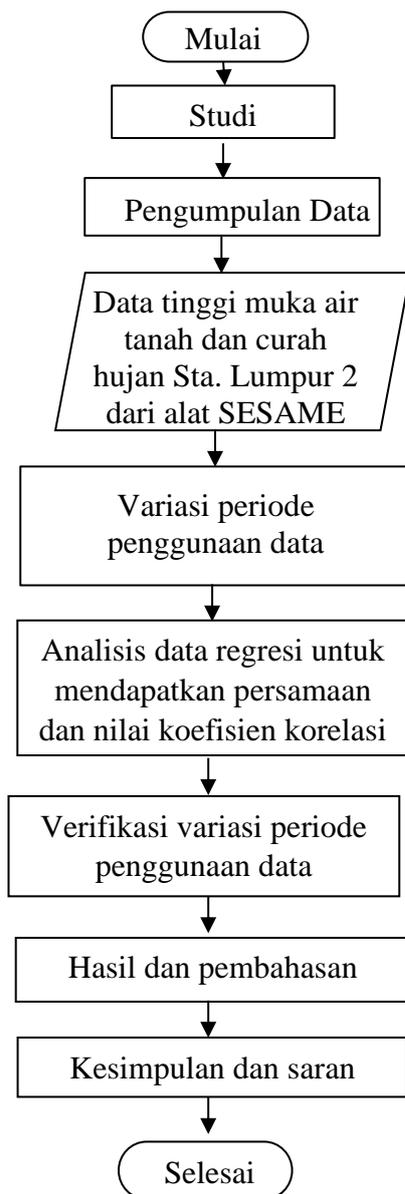
Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data historis iklim yang diperoleh dari pengukuran alat SESAME melalui *web.sesame-system.com*. Data-data yang didapatkan adalah data series time dari permukaan air tanah, curah hujan, suhu dan kelengasan tanah. Namun pada penelitian ini data yang digunakan hanya data permukaan air dan data curah hujan. Data yang digunakan adalah data periode 1 Juli 2017 sampai 31 Januari 2019.

Permodelan hidrologi dilakukan dengan mengkategorikan data-data yang diperoleh kedalam 4 periode data yang kemudian dianalisis menggunakan analisis regresi pada *software microsoft excel*. Persamaan yang diperoleh dari analisis regresi tersebut digunakan untuk menghitung nilai dW_{loss} dan dW_{rain} . Setelah mendapatkan nilai dW_{loss} dan dW_{rain} langkah selanjutnya adalah menghitung prediksi tinggi muka air tanah untuk hari-hari kedepan. Langkah terakhir adalah evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi. Evaluasi ketelitian model pada penelitian ini menggunakan indikator

koefisien korelasi (R) antara nilai tinggi muka air tanah (MAT) terukur dengan hasil prediksi fluktuasi muka air tanah (MAT) yang diperoleh. Permodelan yang memiliki nilai korelasi yang paling optimal akan dipilih untuk memprediksi fluktuasi muka air tanah.

Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skenario Permodelan Data

Skenario permodelan adalah proses untuk pemilihan data yang digunakan untuk melakukan analisis. Data permukaan air dan curah hujan yang digunakan untuk penelitian ini adalah data periode 1 Juli 2017 hingga 31 Januari 2019. Permodelan data untuk menganalisis prediksi fluktuasi muka air tanah (MAT) dilakukan dengan menggunakan 4 variasi periode data. Variasi permodelan periode data dapat dilihat pada Tabel 2.

Permodelan hidrologi dilakukan dengan pemilihan periode panjang data tertentu. Hal ini dilakukan untuk menganalisis pada periode waktu yang mana respon fluktuasi muka air tanah terhadap hujan dan evaporasi yang bisa mewakili kondisi ini secara keseluruhan.

Tabel 2. Variasi Periode Data

Periode	Waktu
1	Juli 2017 - Desember 2017
2	Agustus 2017 - Januari 2018
3	November 2017 - April 2018
4	Februari 2018 - Juli 2018

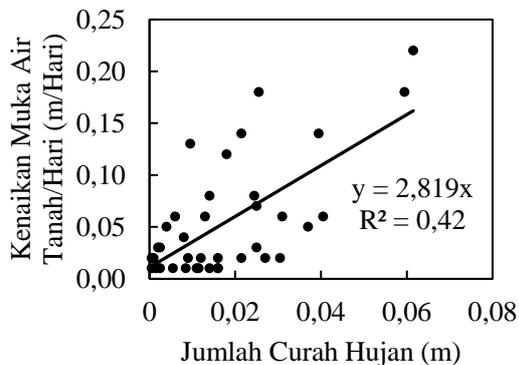
Fluktuasi Muka Air Tanah Per Hari

Fluktuasi menunjukkan suatu kondisi yang berubah-ubah, dimana muka air tanah per hari bisa berubah menjadi meningkat ataupun sebaliknya, untuk itu perlu dihitung fluktuasi muka air tanah agar bisa mengetahui bagaimana perubahan nilai muka air tanah per hari. Nilai fluktuasi muka air tanah dikelompokkan berdasarkan nilai peningkatan dan penurunan muka air tanah. Fluktuasi muka air yang mengalami peningkatan sangat dipengaruhi oleh jumlah curah hujan yang telah terjadi. Penurunan muka air tanah artinya adalah terjadinya kehilangan atau pengurangan air dari waktu saat ini dari hari sebelumnya.

Analisis Regresi

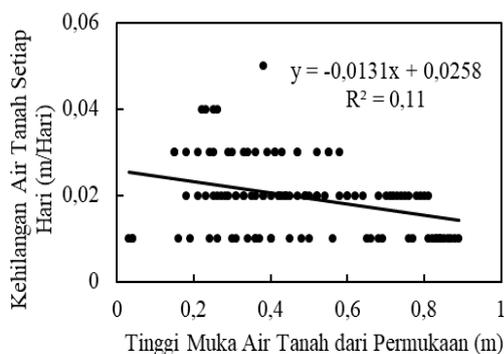
Setelah nilai peningkatan dan penurunan muka air tanah didapatkan, selanjutnya adalah melakukan analisis untuk untuk mendapatkan suatu persamaan

serta garis yang menunjukkan persamaan hubungan antara dua variable. Dari analisis regresi didapatkan grafik yang memberikan suatu persamaan untuk menghitung dW_{rain} , dW_{loss} dan nilai koefisien determinasi (R^2) seperti yang terlihat pada Gambar 7 – Gambar 14.



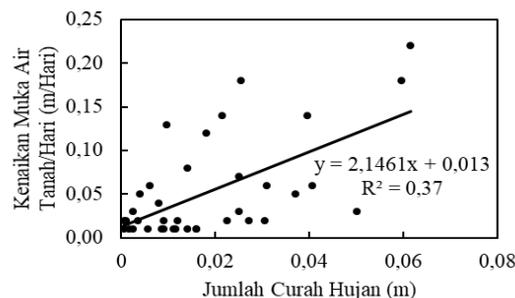
Gambar 7. Peningkatan harian muka air tanah oleh curah hujan periode 1

Periode 1 adalah periode antara bulan Juli 2017 – Desember 2017. Untuk periode 1 didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) peningkatan harian muka air tanah yang sedang yaitu 0,42.



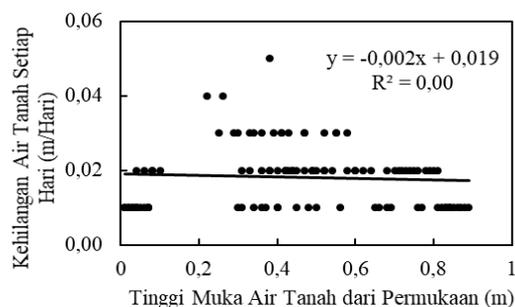
Gambar 8. Penurunan harian muka air tanah periode 1

Untuk periode 1 didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) penurunan harian muka air tanah yaitu 0,11.



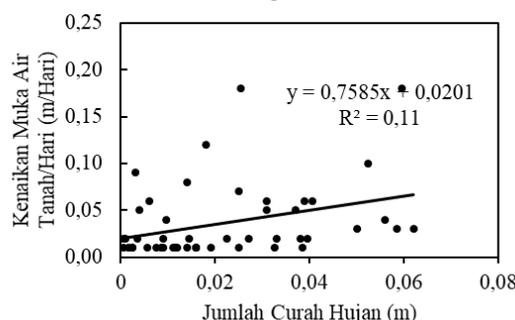
Gambar 9. Peningkatan harian muka air tanah oleh curah hujan periode 2

Periode 2 adalah periode antara Agustus 2017 – Januari 2018. Untuk periode 2 didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) peningkatan harian muka air tanah yang sedang yaitu 0,37.



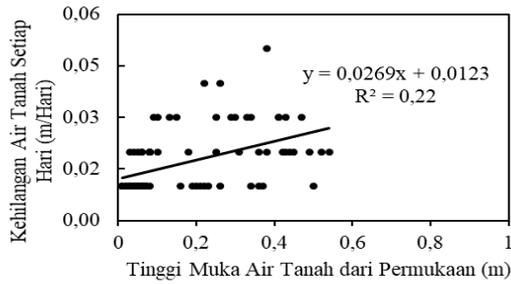
Gambar 10. Penurunan harian muka air tanah periode 2

Untuk periode 2 didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) penurunan harian muka air tanah yaitu 0,00.



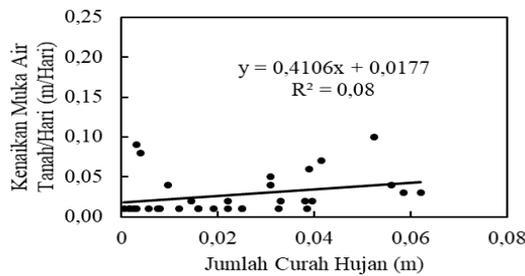
Gambar 11. Peningkatan harian muka air tanah oleh curah hujan periode 3

Periode 3 adalah periode antara bulan November 2017 – April 2018. Untuk periode 3 didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) peningkatan harian muka air tanah yang sedang yaitu 0,11.



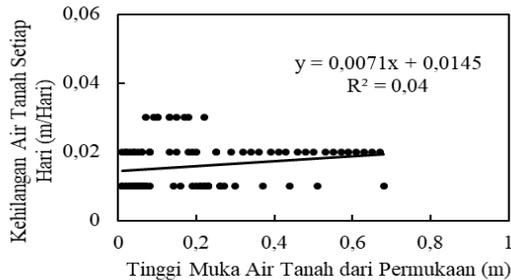
Gambar 12. Penurunan harian muka air tanah periode 3

Untuk periode 1 didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) penurunan harian muka air tanah yaitu 0,22.



Gambar 13. Peningkatan harian muka air tanah oleh curah hujan periode 4

Periode 4 adalah periode antara bulan Februari 2018 – Juli 2018. Untuk periode 4 didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) peningkatan harian muka air tanah yang sedang yaitu 0,08.



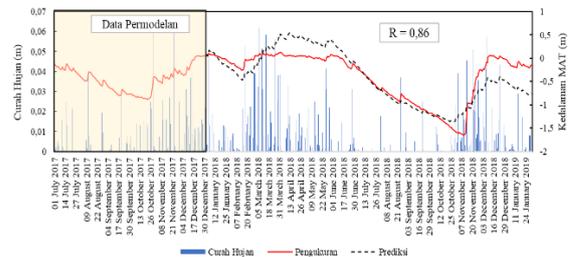
Gambar 14. Penurunan harian muka air tanah periode 4

Untuk periode 4 didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) penurunan harian muka air tanah yaitu 0,04.

Analisis Prediksi Fluktuasi Muka Air Tanah dan Verifikasi Permodelan Data

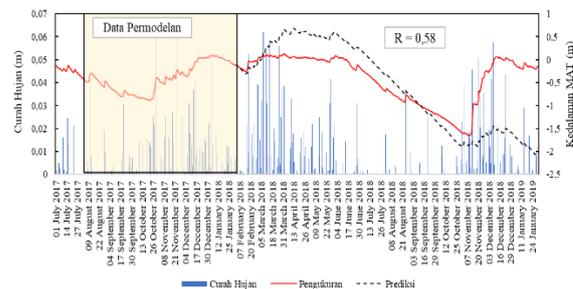
Setelah hasil analisis didapatkan, selanjutnya adalah evaluasi ketelitian

model menggunakan indikator koefisien korelasi (R) terhadap model untuk mendapatkan nilai korelasi antara nilai tinggi muka air tanah terukur dengan hasil prediksi tinggi muka air tanah yang diperoleh. Nilai koefisien korelasi yang didapatkan menggambarkan tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi. Analisis prediksi dan validasi permodelan dapat dilihat pada Gambar 15 – Gambar 18.



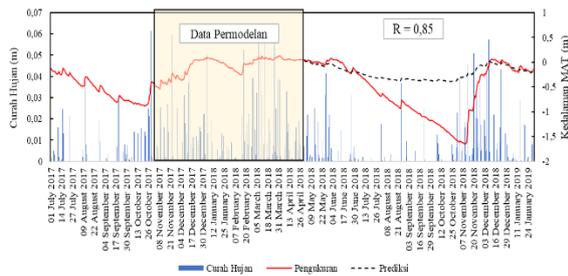
Gambar 15. Perbandingan fluktuasi muka air tanah hasil prediksi dengan data terukur untuk periode 1

Prediksi fluktuasi muka air tanah menunjukkan korelasi yang bagus dengan data terukur di lapangan, jika nilai koefisien determinasi pada analisis dW_{rain} dan dW_{loss} memiliki nilai yang bagus, yaitu untuk periode 1 (Juli 2017 – Desember 2017). Nilai koefisien korelasi tersebut adalah 0,86, yang berarti memiliki korelasi yang kuat.



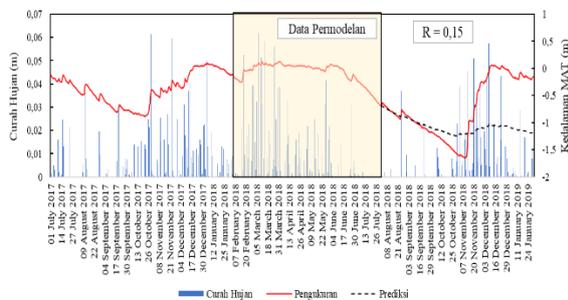
Gambar 16. Perbandingan fluktuasi muka air tanah hasil prediksi dengan data terukur untuk periode 2

Nilai koefisien determinasi pada analisis dW_{rain} dan dW_{loss} untuk periode 2 (Agustus 2017 – Januari 2018) memiliki nilai yang sedang yaitu 0,58, yang berarti memiliki korelasi yang sedang.



Gambar 17. Perbandingan fluktuasi muka air tanah hasil prediksi dengan data terukur untuk periode 3

Nilai koefisien determinasi pada analisis *dWrain* dan *dWloss* untuk periode 3 (November 2017 – April 2018) memiliki nilai yang tinggi yaitu 0,85, yang berarti memiliki korelasi yang kuat.



Gambar 18. Perbandingan fluktuasi muka air tanah hasil prediksi dengan data terukur untuk periode 4

Nilai koefisien determinasi pada analisis *dWrain* dan *dWloss* untuk periode 4 (Februari 2018 – Juli 2018) memiliki nilai yang rendah yaitu 0,15, yang berarti memiliki korelasi yang lemah.

Lahan gambut akan mudah terbakar jika dalam kondisi kering dengan kedalaman muka air tanah lebih dari 0,4 m, sehingga jika muka air tanah sudah dibawah batas 0,4 m dibutuhkan mitigasi untuk menghindari terjadinya kebakaran lahan gambut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Model hidrologi dengan menggunakan analisis regresi mampu untuk membuat permodelan untuk memprediksi fluktuasi muka air tanah untuk jangka waktu mendatang.

Koefisien korelasi yang didapatkan untuk periode 1 (Juli 2017 – Desember 2017) = 0,86, periode 2 (Agustus 2017 – Januari 2018) = 0,58, periode 3 (November 2017 – April 2018) = 0,85, dan periode 4 (Februari 2018 – Juli 2018) = 0,15. Dari hasil tersebut, maka dapat diketahui data yang diperlukan untuk memprediksi fluktuasi muka air tanah adalah data pada periode 1 yaitu Juli 2017 – Desember 2017.

Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan agar selanjutnya memperoleh hasil yang lebih baik adalah pada saat pemasangan alat sebaiknya dipasang pada kawasan yang bisa meminimalisir adanya aliran horizontal, misalnya pada kawasan yang tidak berdekatan dengan kanal ataupun daerah yang tergenang.

DAFTAR PUSTAKA

Adinugroho, W. C., Suryadiputr, I. N., Saharjo, B. H., & Sibiro, L. (2005). *Panduan Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut*. Wetlands Internasional, Bogor.

Agus, F., Anda, M., Jamil, A., & Masganti. (2015). *Edisi Revisi : Lahan Gambut Indonesi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Badan Restorasi Gambut Republik Indonesia. (2017). *Panduan Teknis Pemantauan Tinggi Muka Air Lahan Gambut Sistem Telemetry*. Jakarta: Badan Restorasi Gambut Republik Indonesia.

Ballard CE, McIntyre N, Wheater HS, et al (2011) Hydrological modelling of drained blanket peatland. *J Hydrol* 407:81–93. doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.07.005

Bear , J. (2012). *Hydraulics of Groundwater*. Courier Corporation.

- Dariah, A., Maftuah, E., & Maswar. (2014). "Karakteristik Lahan Gambut". Panduan Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi
- Dohong A (2017) Bolstering Peatlands Restoration in Indonesia through 3Rs Approach. In: Developing International Collaborations to Address Fire and Other Conservation Issues in Central Kalimantan, Indonesia
- Kodoatie, R. J. (2012). Tata Ruang Air Tanah. Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Kurniawan, R., & Yuniarto, B. (2016). Analisa Regresi Dasar dan. Jakarta: PT Kharisma Putra Utama.
- Lakitan, B. (2002). Dasar - Dasar Klimatologi. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Noor, M. (2001). Pertanian Lahan Gambut. Yogyakarta.
- Runtunuwu, E., Kartiwa, B., Kharmilasari, Sudarman, K., Nugroho, W. T., & Firmansyah, A. (2011). Dinamika Elevasi Muka Air pada Lahan dan Saluran di Lahan Gambut. *Ris.Geo.Tam* Vol. 21, No.2, Juni 2011 (65-73), 2.
- Sandhyavitri A, Perdana MA, Sutikno S, Widodo FH (2018) The roles of weather modification technology in mitigation of the peat fires during a period of dry season in Bengkalis, Indonesia. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* 309:012016. doi: 10.1088/1757-899X/309/1/012016
- Siagian, D., & Sugiarto. (2006). Metode Statistika Untuk Bisnis dan Ekonomi. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Takahashi, H., Shigenaga, Y., Hamada, Y., Ebiko, J., & Setiadi, B. (2017). Monitoring and Forecast of Groundwater Level in Tropical Peatland and A Rice Field. Purwakarta.
- Tjasyono, B. (1992). Klimatologi Terapan. Bandung: Penerbit ITB.
- Triatmodjo, B. (2008). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.
- Turmudi. (2017). Pengelolaan Lahan Gambut Dengan Pendekatan Kesatuan Hidrologi Gambut (KHG). Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS 2017, 2.
- Widyati, E. (2011). "Kajian Optimasi Pengelolaan Lahan Gambut dan Isu Perubahan Iklim". *Tekno Hutan Tanaman* Vol. 4 No.2, 57-68.