



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Model Hidrologi Prediksi Fluktuasi TMAT Lahan Gambut di Pesisir Bengkalis

Yondriadi^a, Sigit Sutikno^{a,b}, Muhamad Yusa^{a,b}

^aProgram Studi Magister Teknik Sipil Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM. 12,5, Pekanbaru 28293, Indonesia

^bPUI Gambut dan Kebencanaan, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 15 April 2026

Revisi Akhir: 18 Juni 2026

Diterbitkan Online: 27 Juni 2026

KATA KUNCI

bogburst,

gambut pesisir,

GPM,

kebakaran gambut,

TMAT.

KORESPONDENSI

Telepon: +628238505025

E-mail: yondriadi7176@grad.unri.ac.id

ABSTRACT

Wilayah gambut pesisir Pulau Bengkalis mengalami kekeringan, kebakaran, abrasi pantai, dan fenomena *bogburst*. Pemantauan tinggi muka air tanah (TMAT) secara langsung dengan sumur pantau membutuhkan biaya tinggi, sehingga diperlukan alternatif prediksi model hidrologi dengan memanfaatkan data curah hujan satelit. Penelitian ini mengembangkan model empiris prediksi fluktuasi TMAT harian gambut pesisir di Kabupaten Bengkalis, menggunakan data hujan satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM) TMAT hasil pengukuran *water level logger* periode Oktober 2023– September 2024. Data hujan satelit GPM dikoreksi dengan data hujan BMKG (faktor koreksi 0,7856). Model hidrologi berdasarkan kenaikan TMAT akibat hujan (*dWRain*) dan penurunan TMAT (*dWLoss*), kemudian dievaluasi pada variasi panjang data 3, 6, 9, dan 12 bulan menggunakan korelasi (*r*), MAE, dan MAPE. Hasil menunjukkan korelasi tertinggi diperoleh pada skenario GPM terkoreksi BMKG dengan panjang data 12 bulan ($r = 0,79$). Simulasi model terbaik mengindikasikan tanpa hujan 3 hari berturut-turut TMAT melampaui ambang kritis $-0,40$ m (TMAT $-0,4493$ m), sedangkan hujan ekstrem 60 mm/hari selama 5 hari dapat menaikkan TMAT di atas muka tanah (hari ke-5: 0,1186 m). Model ini berpotensi menjadi alat bantu pengelolaan tata air gambut pesisir untuk mitigasi kebakaran dan kewaspadaan *bogburst*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki luas lahan gambut tropis sekitar 13,43 juta hektar, dengan kandungan karbon mencapai 57 gigaton. Jumlah tersebut setara dengan sekitar 55% dari total cadangan karbon yang tersimpan di lahan gambut tropis di seluruh dunia [1]. Menurut Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Riau luas lahan gambut di Riau mencapai 5 juta hektar atau lebih dari 56% merupakan lahan gambut [2]. Salah satu wilayah Provinsi Riau yaitu Pulau Bengkalis memiliki lahan gambut seluas 0,8 juta hektar atau setara 69,9% dari total daratan kabupaten Bengkalis [3].

Pantai bagian utara Pulau Bengkalis mengalami dinamika garis pantai berupa proses abrasi dan akresi. Perubahan garis pantai ke arah laut (akresi) paling signifikan tercatat dengan rata-rata mencapai 86,03 meter, dengan laju pertambahan sekitar 31,60 meter per tahun yang terjadi pada periode 2020 hingga 2022. Sementara itu, pergeseran garis pantai ke arah daratan (abrasi) terbesar memiliki rata-rata sebesar 42,20 meter dengan laju kemunduran sekitar 15,50 meter per tahun. [4]. Sedangkan studi *remote sensing* tahun 2013–2023 menunjukkan fenomena *bogburst* pada 2015 yang menyebabkan perubahan garis pantai signifikan hingga 2017 dengan erosi lebih dari 100 m di beberapa zona. [5]. Oleh karena itu perlu adanya tindakan untuk mengkaji fenomena *bogburst* dan abrasi lahan gambut di Pantai utara pulau Bengkalis.

Lahan gambut di Kabupaten Bengkalis mengering akibat aktivitas pembuatan kanal dengan dimensi dan panjangnya bervariasi. Pada musim kemarau kanal-kanal tersebut mengalami kekeringan, sehingga tanah gambut pun menjadi kering dan relatif mudah terbakar. Oleh karena itu perlu suatu tindakan pencegahan mengurangi potensi kebakaran lahan gambut. Kebakaran lahan gambut dapat meluas ketika lahan gambut mengalami kekeringan terutama pada saat kemarau tinggi muka air tanah (TMAT) gambut mengalami penurunan. Semakin turun TMAT gambut semakin luas dan dalam juga terjadi kebakaran di lahan gambut sehingga api menyentuh TMAT gambut [6].

Pemantauan fluktuasi tinggi muka air tanah (TMAT) umumnya dilakukan melalui pembuatan sumur pantau. Namun, metode ini membutuhkan biaya yang relatif besar, waktu yang cukup lama, serta kendala akses menuju lokasi yang sering kali sulit dijangkau. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif untuk memperkirakan perubahan TMAT pada lahan gambut. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah pengembangan model hidrologi yang mampu merepresentasikan kondisi dan kejadian hidrologis di masa lalu sebagai dasar dalam melakukan prediksi [6].

Penelitian ini membuat model hidrologi untuk memprediksi fluktuasi TMAT lahan gambut Pesisir Pulau Bengkalis yang langsung berhadapan dengan Pantai Sesai Panjang berdasarkan data curah hujan dan data TMAT. Penelitian ini menggunakan data *time series* Curah Hujan Satelit GPM (*Global Precipitation Measure*). Data curah hujan satelit GPM memberikan resolusi temporal dan spasial yang akurat, terutama di wilayah terpencil dengan akses terbatas. Penelitian ini menggunakan alat *water level logger* untuk mendapatkan data kontinu dengan durasi panjang. Penelitian ini diharapkan menjadi inovasi kebutuhan informasi TMAT dengan pendekatan berbasis teknologi untuk mengoptimalkan pengelolaan lahan gambut khususnya lahan gambut pesisir.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian dan Karakteristik Lahan Gambut

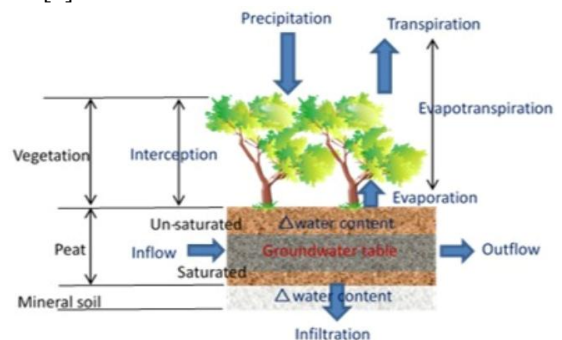
Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 57 Tahun 2016 mendefinisikan lahan gambut sebagai material organik yang terbentuk secara alami dari sisa-sisa tumbuhan yang terdekomposisi tidak sempurna dengan ketebalan 50 sentimeter atau lebih dan terakumulasi pada rawa.

Menurut Agus, F., dkk (2014) karakteristik tanah gambut yang membedakan dengan tanah mineral umumnya yaitu mudah mengalami kering tak balik, mudah ambles, rendahnya berat isi dan daya dukung lahan terhadap tekanan, kemampuan menyimpan air tinggi, kandungan

bahan organik dan karbon tinggi, kandungan hara dan kesuburan yang rendah dan pH yang rendah.

2.2 Neraca Air Lahan Gambut

Water Balance (keseimbangan air) adalah analisis yang menggambarkan penggunaan sumber daya air suatu daerah tinjauan yang didasarkan pada perbandingan antara kebutuhan dan ketersediaan air. Faktor-faktor yang digunakan dalam perhitungan dan analisis keseimbangan air adalah ketersediaan air dari aliran air tanah atau ketersediaan air tanah (*dependable flow*) dan kebutuhan air dari setiap kegiatan layanan (kebutuhan air tanah sendiri untuk domestik, irigasi persawahan atau penanggulangan kebakaran hutan). Prediksi fluktuasi (TMAT) di lahan gambut dapat dianalisis melalui konsep neraca air sederhana. Perubahan muka air tanah akibat curah hujan dan infiltrasi. Keluaran terjadi akibat evapotranspirasi, drainase, dan limpasan. Gambar 1 memberikan ilustrasi konseptual neraca air lahan gambut. Curah hujan mengakibatkan air masuk ke dalam gambut secara langsung maupun melalui limpasan, sehingga menaikkan muka air tanah. Sementara kehilangan air seperti evapotranspirasi dan drainase lateral menurunkan muka air tanah. [7].



Gambar 1 Prinsip dasar neraca air di lahan gambut tropis sumber: Takahashi dkk., (2021)

2.3 Alat Water Level Logger

Pengukuran TMAT dapat dilakukan melalui metode manual maupun dengan bantuan perangkat otomatis. Penggunaan alat otomatis seperti data logger memberikan keunggulan karena mampu merekam data secara kontinu dengan frekuensi tinggi tanpa memerlukan kunjungan lapangan yang intensif. Namun demikian, penggunaan alat ini memerlukan biaya awal yang relatif besar. Di sisi lain, metode manual juga memiliki tingkat akurasi yang baik dan dapat diandalkan, tetapi membutuhkan kedisiplinan dalam pelaksanaan, termasuk penjadwalan pengukuran yang rutin serta kunjungan berkala ke lokasi pengamatan. Oleh sebab itu, pemilihan metode manual sangat dipengaruhi oleh kemudahan akses menuju lokasi serta ketersediaan sumber daya manusia [8].

Water Level Logger merupakan perangkat yang berfungsi mengukur tekanan air dan mengubahnya menjadi informasi ketinggian muka air. Prinsip kerja alat ini didasarkan pada hubungan antara tekanan dan kedalaman, di mana tekanan air akan meningkat seiring bertambahnya kedalaman. Sensor tekanan yang terdapat di dalam alat merekam tekanan total pada titik pemasangan, kemudian nilai tersebut dikonversi menjadi tinggi muka air dengan mempertimbangkan pengaruh tekanan atmosfer. Sensor mengukur tekanan hidrostatik dari air di atasnya, sedangkan alat yang dipasang diatas permukaan tanah mengukur tekanan atmosfer untuk mendapatkan nilai ketinggian air yang sebenarnya. Alat *water level logger* dan ilustrasi pemasangan alat pada sumur pantau dapat dilihat pada Gambar 2 [9].

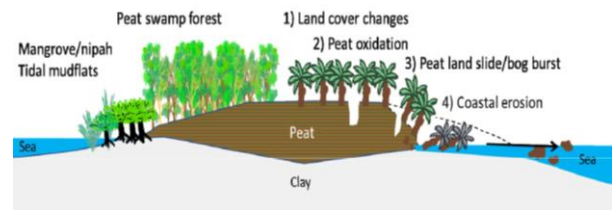


Gambar 2 Alat *water level logger* dan ilustrasi pemasangan alat pada sumur pantau (Sumber : Loggerindo, 2025)

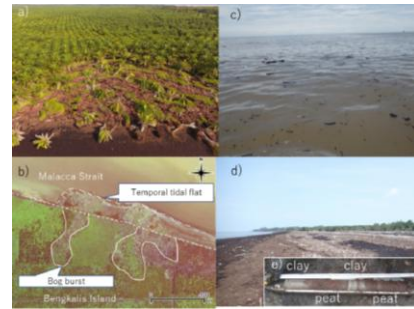
2.4 Kebakaran Lahan Gambut dan Fenomena Bogburst

Kebakaran lahan gambut dipicu oleh keberadaan tiga unsur utama yang saling mendukung, yaitu bahan bakar berupa material organik gambut, oksigen, serta sumber panas sebagai pemicu terjadinya proses pembakaran. Ketiga komponen tersebut dikenal sebagai konsep segitiga api (*fire triangle*), yang menyatakan bahwa kebakaran hanya dapat terjadi apabila tersedia bahan bakar (*fuel*), panas (*heat*), dan oksigen dalam waktu yang bersamaan. Pada lahan gambut, tingkat kemudahan terbakar sangat dipengaruhi oleh ketersediaan bahan bakar yang erat kaitannya dengan kondisi kelembaban tanah [10].

Fenomena *bogburst* merupakan peristiwa longsoran massa tanah gambut ke arah laut atau badan air akibat ketidakstabilan struktur tanah gambut yang jenuh air. Peristiwa ini terjadi ketika lapisan gambut kehilangan kestabilannya karena perubahan hidrologi, terutama penurunan muka air tanah secara drastis atau curah hujan ekstrem berkepanjangan. Kedua kondisi tersebut menyebabkan tekanan air pori meningkat dan mengakibatkan pelepasan ikatan antar partikel gambut, sehingga tanah “meledak” atau meluruh ke laut secara tiba-tiba [5]. Kondisi terkini lahan gambut pesisir tropis dapat dilihat pada Gambar 3 dan kejadian Fenomena *Bogburst* pada Gambar 4 [11].



Gambar 3 Kondisi terkini lahan gambut pesisir tropis. Fluks karbon meningkat karena beberapa faktor, seperti 1) perubahan tutupan lahan, 2) oksidasi gambut, 3) longsor lahan gambut (Sumber : Yamamoto, dkk., 2019)



Gambar 4 Kejadian Fenomena *Bogburst* dan Puing gambut di pesisir pantai gambut (Sumber : Yamamoto, dkk., 2019)

2.5 Evaluasi Data Statistik

2.1.1. Koefisien Korelasi

Regresi linier sederhana merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan kausal antara satu variabel bebas sebagai faktor penyebab (X) dan satu variabel terikat sebagai akibat (Y). Variabel X umumnya dikenal sebagai prediktor, sedangkan variabel Y disebut sebagai respons. Metode ini juga banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, termasuk dalam kegiatan produksi, untuk melakukan estimasi atau prediksi terhadap karakteristik baik dari sisi kualitas maupun kuantitas suatu variabel. Hubungan antara kedua variabel tersebut dinyatakan dalam bentuk persamaan matematis, yang secara umum dapat dituliskan sebagai persamaan berikut: (1)

$$Y = a + bX \tag{1}$$

Dengan :

- Y = Variabel *response* atau variabel akibat
- X = Variabel *predictor* atau variabel faktor penyebab
- a = Konstanta
- b = Koefisien regresi (kemiringan)

Untuk nilai a dan b dihitung dengan menggunakan bersamaan berikut :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \tag{2}$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (3)$$

Menurut Sugiyono. (2017) Koefisien korelasi (R) merupakan ukuran statistik yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kekuatan hubungan linier antara dua variabel, khususnya dalam membandingkan hasil prediksi dengan nilai aktual (target). Nilai koefisien korelasi berada dalam rentang -1 hingga +1. Semakin mendekati nilai -1 atau +1, maka hubungan antara kedua variabel semakin kuat, sedangkan nilai yang mendekati 0 menunjukkan hubungan yang lemah. Selain menunjukkan kekuatan hubungan, tanda pada nilai R juga memberikan informasi mengenai arah hubungan antar variabel. Nilai positif (+) mengindikasikan hubungan searah, di mana peningkatan pada satu variabel akan diikuti oleh peningkatan variabel lainnya. Sebaliknya, nilai negatif (-) menunjukkan hubungan yang berlawanan arah. Tingkat kekuatan hubungan tersebut selanjutnya dapat diinterpretasikan berdasarkan kriteria sebagai berikut [12].

- a. $R = 0$: Tidak ada korelasi antara dua variabel
- b. $0 < R \leq 0,25$: Korelasi sangat lemah
- c. $0,25 < R \leq 0,50$: Korelasi cukup
- d. $0,50 < R \leq 0,75$: Korelasi kuat
- e. $0,75 < R \leq 0,99$: Korelasi sangat kuat
- f. $R = 1,00$: Korelasi sempurna

2.1.2. MAE (Mean Absolute Error)

MAE (*Mean Absolute Error*) merupakan metode untuk mengevaluasi sebuah peramalan. Mean Absolute Error adalah rata-rata error pada peramalan, yang menggunakan nilai absolut. MAE dinyatakan dalam bentuk persamaan (4).

$$AE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (4)$$

Keterangan:

MAE = *Mean Absolute Error*

n = Jumlah Data

$|y_i - \hat{y}_i|$ = Nilai absolut dari kesalahan (Nilai Aktual - Nilai Prediksi)

2.1.3. MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) menjumlahkan rata-rata seluruh persentase kesalahan untuk suatu data set

yang diperoleh tanpa menghiraukan tanda. MAPE dirumuskan dengan persamaan (5).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|(x_t - y_t)|}{|y_t|} \quad (5)$$

Keterangan:

MAPE = *Mean Absolute Percentage Error*

n = Jumlah Data

x_t = Nilai Observasi pada periode t

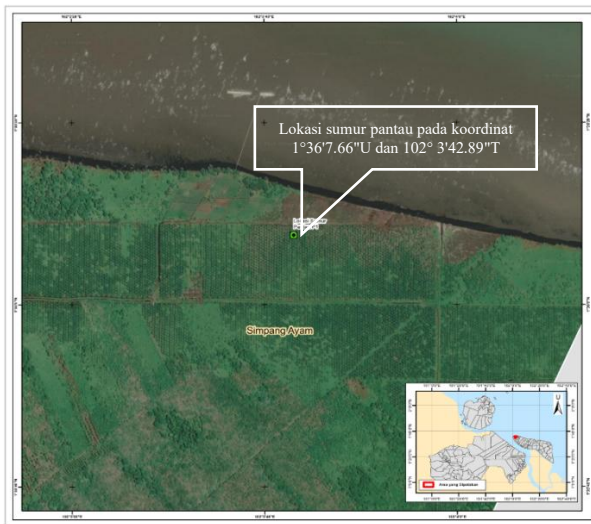
y_t = Nilai Peramalan pada periode t

3. METODOLOGI

Tahapan penelitian terdiri dari pengumpulan data dan batas lokasi penelitian, koreksi curah hujan satelit, skenario pemodelan data, dan analisis pemodelan data. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.

3.1. Pengumpulan Data Dan Batas Lokasi Penelitian

Adapun data yang dikumpulkan adalah data curah hujan satelit GPM dari tanggal 14 Oktober 2023 sampai 21 April 2025 yang didapatkan dari *website* Giovanni NASA. Data curah hujan BMKG yang digunakan adalah data *time series* selama 10 tahun (2015-2024) stasiun klimatologi BMKG Pinang Kampai Dumai yang bersumber dari BPS Kota Dumai dalam angka 2016-2025. Stasiun tersebut merupakan lokasi pengukuran klimatologi curah hujan aktual yang terdekat dari lokasi penelitian dan memiliki karakteristik yang sama dengan lokasi penelitian yaitu berdekatan dengan pesisir dibandingkan stasiun klimatologi BMKG lainnya di Pekanbaru, Kampar dan Japura Indragiri Hulu. Data muka air tanah didapat dari hasil pengukuran sumur pantau di lapangan dari alat *water level logger*. Lokasi penelitian Lokasi penelitian berada di Pesisir pantai Desa Simpang Ayam Kecamatan Bengkalis Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Peta Lokasi Penelitian

3.2. Koreksi Curah Hujan Satelit

Koreksi curah hujan satelit dengan menggunakan data curah hujan dari BMKG Stasiun Bandar Udara Pinang Kampai Dumai. Koreksi dilakukan untuk meningkatkan akurasi data satelit agar lebih sesuai dengan kondisi curah hujan yang sebenarnya. Proses koreksi dilakukan dengan membuat grafik regresi antara data curah hujan dari BMKG dan data curah hujan satelit. Hasil dari regresi tersebut berupa persamaan nilai curah hujan satelit sebagai variabel x, kemudian mengalikannya dengan konstanta yang diperoleh dari persamaan regresi tersebut, sehingga dapat diketahui koreksi harian curah hujan satelit pada lokasi penelitian

3.3. Skenario Pemodelan Data

Variasi pemodelan data dilakukan dengan menggunakan 4 pemodelan panjang data, yaitu 3 bulan, 6 bulan, 9 bulan dan 12 bulan seperti pada Tabel 1. Variasi skenario ini digunakan untuk pemodelan curah hujan satelit koreksi BMKG.

Tabel 1 Skenario Pemodelan Data

Skenario	Periode
3 bulan	Oktober 2023 - Desember 2023
6 bulan	Oktober 2023 – Maret 2024
9 bulan	Oktober 2023 – Juni 2024
12 bulan	Oktober 2023 – September 2024

3.4. Analisis Pemodelan Data

Pemodelan hidrologi dilakukan dengan variasi data curah hujan satelit GPM terkoreksi BMKG dengan TMAT. Adapun pemodelan hidrologi yang dilakukan sebagai berikut:

1. Pemodelan hidrologi 1 (Satu) menggunakan TMAT prediksi hari ke 1 untuk TMAT prediksi hari ke 2 dan seterusnya dengan data curah hujan dan TMAT 3 bulan.
2. • Pemodelan hidrologi 2 (Dua) menggunakan TMAT prediksi hari ke 1 untuk TMAT prediksi hari ke 2 dan seterusnya dengan data curah hujan dan TMAT 6 bulan.
3. Pemodelan hidrologi 3 (Tiga) menggunakan TMAT prediksi hari ke 1 untuk TMAT prediksi hari ke 2 dan seterusnya dengan data curah hujan dan TMAT 9 bulan.
4. Pemodelan hidrologi 4 (Empat) menggunakan TMAT prediksi hari ke 1 untuk TMAT prediksi hari ke 2 dan seterusnya dengan data curah hujan dan TMAT 12 bulan.

Untuk langkah-langkah pembuat pemodelan sebagai berikut:

1. Menghitung nilai korelasi antara TMAT terhadap penurunan (kehilangan) air muka tanah harian (*Daily water loss of Groundwater*) oleh Evapotranspirasi dan Limpasan (*dWLoss*).
2. Menghitung korelasi antara curah hujan terhadap TMAT untuk Kenaikan Harian muka air tanah (*Raise of Groundwater*) oleh Curah Hujan (*dWRain*)
3. Langkah diatas diolah dengan bantuan aplikasi *Microsoft excel 2021* dengan *tools grafik scater* selanjutnya di *add trendline* untuk mengeluarkan nilai korelasi dan persamaannya.
4. Setelah persamaan dan korelasi penurunan (kehilangan) air muka tanah harian (*Daily water loss of Groundwater*) oleh Evapotranspirasi dan Limpasan (*dWLoss*) dan kenaikan muka air tanah (*Raise of Groundwater*) oleh Curah Hujan (*dWRain*) dan dimasukkan persamaan (6), (7), (8).

$$Run\ of\ f = Inflow - Outflow - infiltration \quad (6)$$

$$dW = dW_{rain} - dW_{loss} \quad (7)$$

$$W_{n+1} = W_n + dW_{rain} - dW_{loss} \quad (8)$$

dengan :

dW : Perubahan Harian Muka Air Tanah (*Daily Change of Groundwater level*)

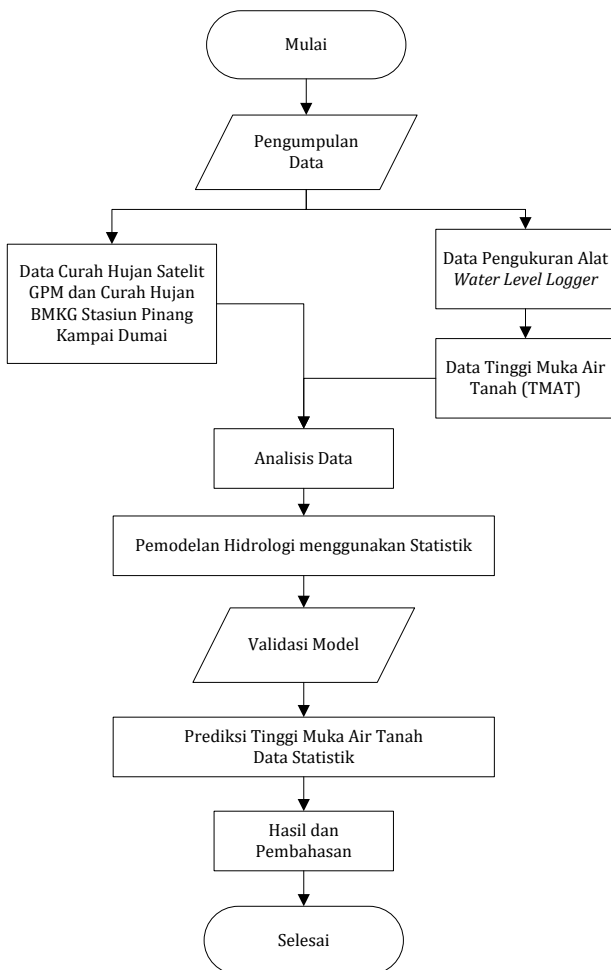
dWrain : Kenaikan Harian Muka Air Tanah oleh Curah Hujan (*Daily raise of Groundwater level by rainfall*)

dWloss : Kehilangan muka air tanah harian oleh Evapotranspirasi dan Limpasan (*Daily loss of Groundwater level by evapotranspiration and runoff*)

dWrain : f (R)

- dW_{loss} : $f(W)$
- W : Permukaan muka air tanah diawal hari (*Groundwater level at the beginning of day*)
- R: Jumlah curah hujan harian (*Amount of daily rainfall*)
- W_{n+1} : Muka air tanah hari berikutnya (*Groundwater level of next day*)
- W_n : Tinggi muka air tanah saat ini

5. Pemodelan untuk W_{n+1} menggunakan W Prediksi yang hari ke 1 untuk mencari muka air tanah (*Groundwater Level*) prediksi hari ke 2 dan seterusnya menggunakan data curah hujan dan TMAT gambut dengan variasi data 3 bulan, 6 bulan 9 bulan dan 12 bulan.
6. Setiap pemodelan selanjutnya dilakukan perhitungan nilai MAE (*Mean Absolute Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

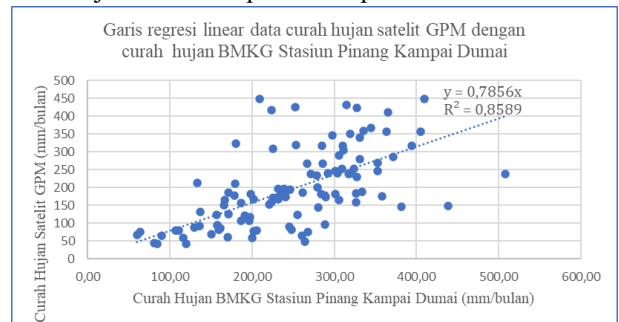


Gambar 6 Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Koreksi Data Curah Hujan Satelit GPM dengan Kalibrasi Data Curah Hujan BMKG

Proses koreksi data curah hujan satelit GPM dilakukan dengan kalibrasi data curah hujan BMKG dengan membuat grafik regresi antara data curah hujan dari BMKG Stasiun Bandar Udara Pinang Kampai Dumai dengan data curah hujan satelit GPM di lokasi yang sama. Panjang data yang digunakan adalah data curah hujan selama 10 tahun (Januari 2016 sampai Desember 2024). Hasil dari regresi tersebut berupa persamaan yang digunakan untuk melakukan koreksi, yaitu dengan memasukkan nilai curah hujan satelit sebagai variabel x, kemudian mengalikannya dengan konstanta yang diperoleh dari persamaan regresi tersebut, sehingga dapat diketahui koreksi harian curah hujan satelit pada lokasi penelitian. Adapun grafik regresi koreksi data curah hujan satelit GPM dengan kalibrasi data curah hujan BMKG dapat dilihat pada Gambar 7.



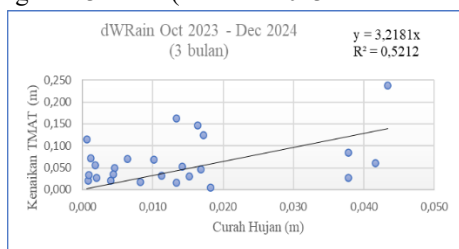
Gambar 7 Koreksi Data Curah Hujan Satelit GPM dengan Curah Hujan (mm) BMKG

Berdasarkan Gambar 7 diperoleh informasi bahwa nilai $y = 0,7856x$ yang berarti data curah hujan satelit GPM dikoreksi dengan faktor 0,7856. Sehingga data curah hujan satelit GPM terkoreksi BMKG sama dengan 0,7856 dikali data curah hujan satelit GPM tanpa koreksi.

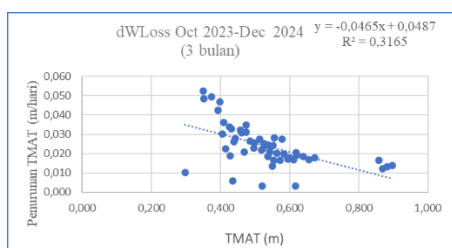
4.2. Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk memodelkan hubungan antara kenaikan TMAT dan penurunan TMAT dengan curah hujan dalam bentuk grafik. Grafik tersebut digunakan untuk menghitung peningkatan harian muka air tanah oleh hujan (dW_{rain}), penurunan harian muka air tanah (dW_{loss}), dan koefisien determinasi (R^2). Nilai R^2 digunakan untuk mengetahui seberapa baik model regresi yang dihasilkan dan seberapa kuat hubungan antar variabel tersebut.

1. Panjang data 3 bulan (Oktober 2023 – Desember 2023)



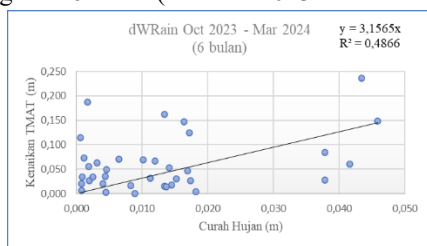
Gambar 8 Grafik Kenaikan Harian TMAT (*dWRain*) Oleh Curah Hujan Panjang Data 3 Bulan



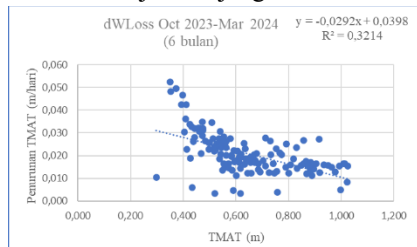
Gambar 9 Penurunan Harian TMAT (*dWLoss*) Panjang Data 3 Bulan

Berdasarkan Gambar 8 dan 9 kenaikan harian TMAT memiliki nilai korelasi (R^2) 0,5212 (cukup) terhadap curah hujan dengan persamaan $y = 3,2181x$. Dari grafik Kenaikan Harian TMAT oleh Curah Hujan (*dWRain*) terlihat kenaikan harian muka air tanah dipengaruhi oleh curah hujan, semakin besar intensitas curah hujan semakin tinggi kenaikan harian muka air tanah. Sedangkan penurunan (kehilangan) air muka tanah harian memiliki nilai korelasi (R^2) = 0,3165 (cukup) terhadap TMAT dengan persamaan $y = -0,0465x + 0,0487$. Dari grafik terlihat penurunan (kehilangan) air muka tanah harian tidak dipengaruhi secara signifikan oleh TMAT.

2. Panjang data 6 bulan (Oktober 2023 – Maret 2024)



Gambar 10 Grafik Kenaikan Harian TMAT (*dWRain*) Oleh Curah Hujan Panjang Data 6 Bulan

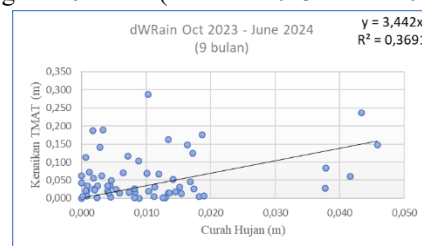


Gambar 11 Kehilangan Harian TMAT (*dWLoss*) Panjang Data 6 bulan

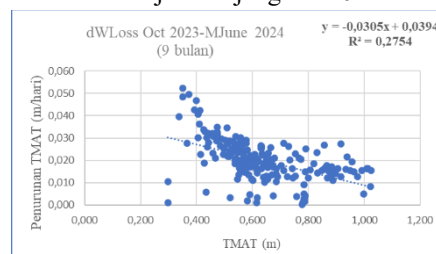
Berdasarkan Gambar 10 dan 11 kenaikan harian TMAT memiliki nilai korelasi (R^2) 0,4866 (cukup) terhadap curah hujan dengan persamaan $y = 3,1565x$. Dari grafik

Kenaikan Harian TMAT oleh Curah Hujan (*dWRain*) terlihat kenaikan harian muka air tanah dipengaruhi oleh curah hujan, semakin besar intensitas curah hujan semakin tinggi kenaikan harian TMAT. Sedangkan penurunan (kehilangan) air muka tanah harian memiliki nilai korelasi (R^2) = 0,3214 (cukup) terhadap TMAT dengan persamaan $y = -0,0292x + 0,0398$. Dari grafik terlihat penurunan (kehilangan) air muka tanah harian tidak dipengaruhi secara signifikan oleh TMAT.

3. Panjang data 9 bulan (Oktober 2023 – Juni 2024)



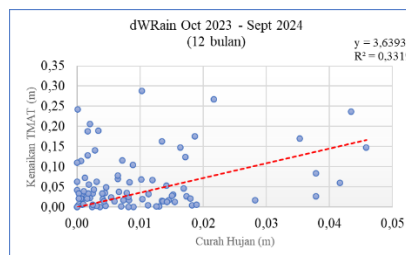
Gambar 12 Grafik Kenaikan Harian TMAT (*dWRain*) Oleh Curah Hujan Panjang Data 9 Bulan



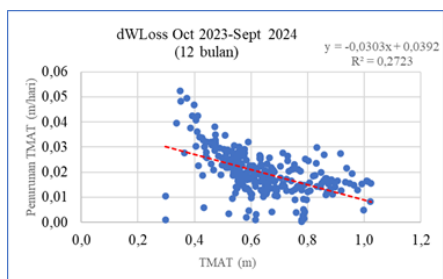
Gambar 13 Penurunan Harian TMAT (*dWLoss*) Panjang Data 9 bulan

Berdasarkan Gambar 12 dan 13 kenaikan harian TMAT memiliki nilai korelasi (R^2) 0,3691 (cukup) terhadap curah hujan dengan persamaan $y = 3,442x$. Dari grafik Kenaikan Harian TMAT oleh Curah Hujan (*dWRain*) terlihat kenaikan harian TMAT dipengaruhi oleh curah hujan, semakin besar intensitas curah hujan semakin tinggi kenaikan harian muka air tanah. Sedangkan penurunan (kehilangan) TMAT harian memiliki nilai korelasi (R^2) = 0,2754 (cukup) terhadap TMAT dengan persamaan $y = -0,0305x + 0,0394$. Dari grafik terlihat penurunan (kehilangan) TMAT harian tidak dipengaruhi secara signifikan oleh TMAT.

4. Panjang data 12 bulan (Oktober 2023 – September 2024)



Gambar 14 Grafik Kenaikan Harian TMAT (*dWRain*) Oleh Curah Hujan Panjang Data 12 bulan

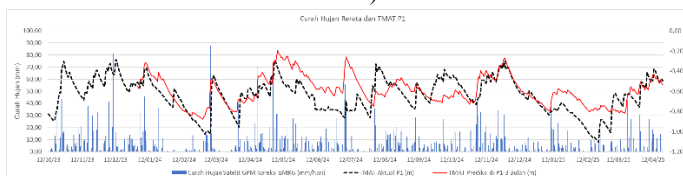


Gambar 15 Penurunan Harian TMAT (*dWLoss*) Panjang Data 12 bulan

Berdasarkan Gambar 14 dan 15 kenaikan harian TMAT memiliki nilai korelasi (R^2) 0,3319 (cukup) terhadap curah hujan dengan persamaan $y = 3,6393x$. Dari grafik Kenaikan Harian TMAT oleh Curah Hujan (*dWRain*) terlihat kenaikan harian TMAT dipengaruhi oleh curah hujan, semakin besar intensitas curah hujan semakin tinggi kenaikan harian TMAT. Sedangkan penurunan (kehilangan) TMAT harian memiliki nilai korelasi (R^2) = 0,2723 (cukup) terhadap TMAT dengan persamaan $y = -0,0303x + 0,0392$. Dari grafik terlihat penurunan (kehilangan) air muka tanah harian tidak dipengaruhi secara signifikan oleh TMAT.

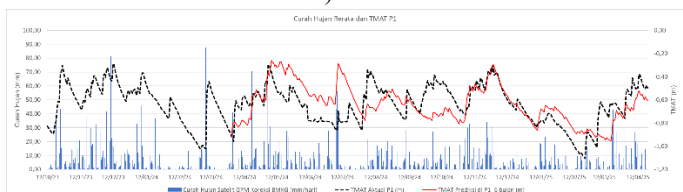
4.3. Model TMAT Terukur Di Lapangan Dan TMAT Prediksi

1. Model hidrologi 1 panjang data 3 Bulan (Oktober 2023 – Desember 2023)



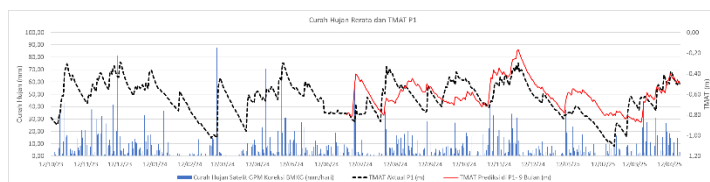
Gambar 16 Model TMAT Terukur Di Lapangan Dan TMAT Prediksi dengan Panjang data 3 Bulan

2. Model hidrologi 2 panjang data 6 Bulan (Oktober 2023 – Maret 2024)



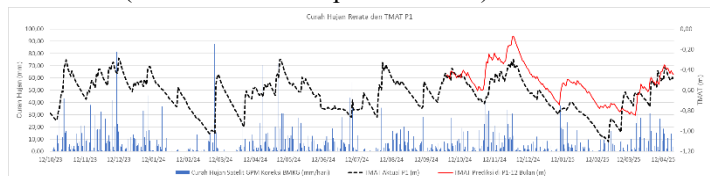
Gambar 17 Model TMAT Terukur Di Lapangan Dan TMAT Prediksi dengan Panjang data 6 Bulan

3. Model hidrologi 3 panjang data 9 Bulan (Oktober 2023 – Juni 2024)



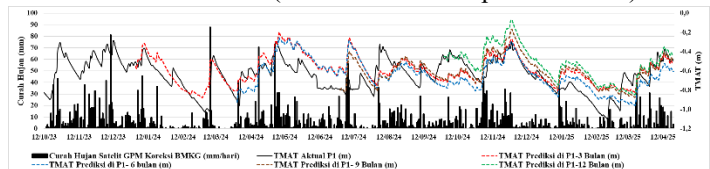
Gambar 18 Model TMAT Terukur Di Lapangan Dan TMAT Prediksi dengan Panjang data 9 bulan

4. Model hidrologi 4 panjang data 12 Bulan (Oktober 2023 – September 2024)



Gambar 19 Model TMAT Terukur Di Lapangan Dan TMAT Prediksi dengan Panjang data 12 Bulan

5. Model hidrologi gabungan panjang data 3,6,9, dan 12 Bulan (Oktober 2023 – September 2024)



Gambar 20 Model TMAT Terukur Di Lapangan Dan TMAT Prediksi dengan Panjang data 3,6,9, dan 12 Bulan

4.4. Validasi Pemodelan

Validasi model digunakan untuk mengevaluasi ketelitian model dan mengukur seberapa akurat model yang digunakan dalam memprediksi TMAT. Koefisien korelasi (R) merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk membandingkan nilai kedalaman muka air tanah terukur dengan hasil prediksi yang telah didapatkan. Nilai koefisien korelasi (R) yang tinggi atau mendekati angka 1 menunjukkan korelasi yang kuat antara data terukur dengan prediksi yang didapatkan dan menandakan model tersebut memiliki akurasi yang tinggi. Jika nilai koefisien korelasi (R) rendah, maka menunjukkan korelasi yang lemah yang berarti model tersebut memiliki akurasi yang rendah. Selain itu dilakukan analisis statistik perhitungan Kesalahan absolut rata-rata (MAE) dan persentase kesalahan absolut rata-rata (MAPE) untuk mengukur akurasi prediksi secara absolut dan relatif. MAE (dalam meter) memberikan nilai rata-rata kesalahan prediksi GWL, sementara MAPE (dalam %) menyatakan kesalahan relatif terhadap nilai GWL yang teramati (berguna untuk membandingkan kinerja di berbagai lokasi dengan rentang GWL yang berbeda) Sutikno dkk., (2025). Validasi Pemodelan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Validasi Pemodelan dengan Curah Hujan Satelit Koreksi Curah Hujan BMKG

Parameter	Panjang Data (Bulan)			
	3	6	9	12
Konstanta $DWRain$	3,218	3,156	3,442	3,639
Korelasi (r)	0,613	0,488	0,586	0,79
Determinasi (R ²)	0,521	0,486	0,369	0,332
MAE	0,120	0,581	0,130	0,155
MAPE	18,598	22,077	20,825	23,962

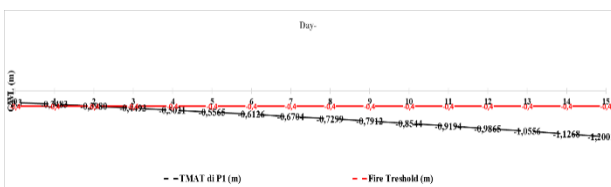
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa koreksi menggunakan data BMKG 12 bulan memberikan performa terbaik dibandingkan panjang data 3, 6 dan 9 . Hal ini mengindikasikan bahwa data hujan dari Stasiun BMKG Pinang Kampai Dumai memiliki kesesuaian yang lebih tinggi terhadap kondisi hidrologi lokasi penelitian. Temuan ini sejalan dengan penelitian Sutikno dkk., (2025) yang menyatakan bahwa akurasi model muka air tanah gambut sangat bergantung pada representasi curah hujan lokal yang baik, karena respons TMAT terhadap hujan bersifat cepat dan sensitif [13]. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa koreksi curah hujan merupakan tahap krusial dalam pemodelan hidrologi gambut, dan penggunaan data observasi lokal tetap menjadi acuan utama dalam meningkatkan reliabilitas model berbasis data curah hujan satelit.

4.5. Simulasi Model prediksi TMAT

Simulasi Model prediksi TMAT terbaik adalah menggunakan curah hujan satelit GPM koreksi curah hujan BMKG dengan panjang data 12 bulan dengan hasil persamaan (9)

$$W_{n+1} = W_n + 2,859 P - (-0,0303W_n + 0,0392) \quad (9)$$

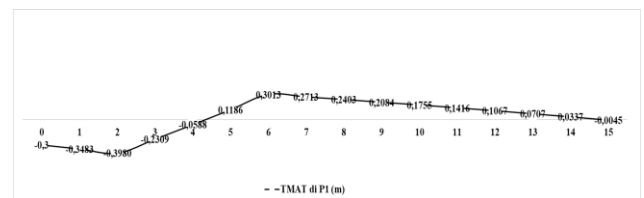
Pemodelan yang dihasilkan digunakan untuk simulasi memprediksi kondisi TMAT apabila tidak terjadi hujan selama beberapa hari secara berturut turut untuk menggambarkan potensi risiko kebakaran dan memprediksi kondisi TMAT dengan intensitas tertentu selama beberapa hari secara berturut turut untuk menggambarkan potensi risiko longsor / *bogburst*. Adapun Simulasi yang diterapkan dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21 Simulasi jika tidak ada hujan selama 15 hari berturut turut Berdasarkan Gambar 21 simulasi kondisi tanpa hujan berturut-turut menunjukkan bahwa muka air tanah

mengalami penurunan secara bertahap akibat kehilangan air harian ($dWLoss$). Dalam 3 hari tanpa hujan, TMAT dapat turun hingga melewati ambang kritis -0,40 m dari permukaan tanah yaitu pada TMAT -0,4493. Ambang ini sangat penting karena berkaitan langsung dengan risiko kebakaran lahan gambut. Ketika TMAT turun terlalu dalam, lapisan gambut menjadi kering dan mudah terbakar. Oleh karena itu, hasil simulasi ini memberikan informasi penting terkait durasi tanpa hujan yang dapat ditoleransi sebelum kondisi menjadi kritis.

Penelitian Sutikno dkk., (2025) menunjukkan bahwa pada lokasi gambut pesisir dan terdrainase, ambang kritis dapat tercapai dalam waktu relatif singkat (sekitar 8–12 hari tanpa hujan). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian ini yang menunjukkan kecenderungan penurunan TMAT yang cepat pada kondisi tanpa hujan. Dengan demikian, model yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alat prediksi untuk menentukan waktu intervensi pengelolaan air, seperti penutupan kanal atau pembasahan ulang, guna mencegah terjadinya kekeringan ekstrem.



Gambar 22 Simulasi jika ada hujan yang ekstrem berturut-turut selama 5 hari dengan intensitas hujan 60 mm/hari

Berdasarkan gambar 22 simulasi hujan ekstrem dengan intensitas 60 mm/hari berturut-turut menunjukkan bahwa TMAT dapat meningkat dengan cepat hingga mendekati atau bahkan melampaui permukaan tanah pada hari ke – 5 yaitu 0,1186 meter dengan puncak hari ke 6 dengan TMAT 0,3013 meter. Kondisi ini berpotensi menyebabkan kejenuhan berlebih pada lapisan gambut. Pada wilayah pesisir, kondisi kejenuhan tinggi ini dapat meningkatkan tekanan air pori dan menurunkan stabilitas struktur gambut, sehingga berpotensi memicu fenomena *bogburst* atau longsor gambut. Fenomena ini dapat terjadi pada daerah dengan kemiringan lereng menuju pantai atau kanal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- a. Data curah hujan satelit GPM dapat digunakan untuk memprediksi TMAT di lahan gambut. Data curah hujan satelit GPM terkoreksi curah hujan BMKG menghasilkan hubungan korelasi dengan nilai faktor koreksi 0,79.

- b. Semakin banyak data yang digunakan untuk pemodelan maka hasil prediksi akan semakin baik. Data curah hujan satelit GPM terkoreksi BMKG dengan panjang data 12 bulan menghasilkan nilai validasi pemodelan yang lebih baik dibandingkan hasil pemodelan dengan data curah hujan satelit GPM 3,6, dan 9 bulan dengan nilai korelasi (r) 0,79, Determinasi (R^2) 0,332, MAE 0,155 dan MAPE 23,96%
- c. Pengaruh kedalaman TMAT di sumur pantau lokasi penelitian jika tidak terjadi hujan akan menyebabkan penurunan kedalaman muka air tanah. Simulasi kondisi tanpa hujan berturut-turut menunjukkan bahwa muka air tanah mengalami penurunan secara bertahap akibat kehilangan air harian (dW_{Loss}). Dalam 3 hari tanpa hujan, TMAT dapat turun hingga melewati ambang kritis -0,40 m dari permukaan tanah yaitu pada TMAT -0,4493.
- d. Simulasi hujan ekstrem dengan intensitas 60 mm/hari berturut-turut menunjukkan bahwa TMAT dapat meningkat dengan cepat hingga mendekati atau bahkan melampaui permukaan tanah pada hari ke - 5 yaitu 0,1186 meter dengan puncak hari ke 6 dengan TMAT 0,3013 meter. Kondisi ini berpotensi menyebabkan kejenuhan berlebih pada lapisan gambut. Pada wilayah pesisir, kondisi kejenuhan tinggi ini dapat meningkatkan tekanan air pori dan menurunkan stabilitas struktur gambut, sehingga berpotensi memicu fenomena *bogburst* atau longsoran gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pantau Gambut, *Melacak Jejak Pengelolaan Gambut: Ancaman, Konflik, dan Masa Depan Berkelanjutan*. Kaoem Telapak & Pantau Gambut, 2025. [Online]. Available: <https://pantaugambut.id>
- [2] Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Riau, “Publikasi dan berita lingkungan,” [Online]. Available: <https://dislhk.riau.go.id/>. [Accessed: Nov. 12, 2025].
- [3] N. Sudiana, “Analisis potensi bahaya kebakaran lahan gambut di Pulau Bengkalis, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau,” *Jurnal Alami*, vol. 3, no. 2, pp. 120–129, 2019.
- [4] S. E. Kurniawan, S. Sutikno, dan M. Yusa, “Analisis pengaruh pembangunan detached breakwater terhadap perlindungan garis pantai di Pulau Bengkalis menggunakan penginderaan jauh,” *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, vol. 8, no. 11, pp. 1–14, 2023.
- [5] D. H. Nabilah, A. A. Wibowo, dan K. S. Wardani, “Detection of peatland coastline changes due to land use change on Bengkalis Island, Riau, Indonesia,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1357, p. 012042, 2023.
- [6] A. Aris Fadillah, A. Sandhyavitri, dan S. Sutikno, “Model hidrologi untuk prediksi elevasi muka air tanah pada gambut tropis sebagai upaya mitigasi kebakaran di Kabupaten Bengkalis,” *Jurnal Sainstek STT Pekanbaru*, vol. 7, no. 2, pp. 45–53, 2019.
- [7] H. Takahashi, Y. Shigenaga, Y. Hamada, J. Ebiko, dan B. Setiadi, “Monitoring and forecast of groundwater leveling at tropical peatlands and rice fields,” in *Proc. BPPT–UNPAR Collaborative Workshop*, Purwakarta, Indonesia, Mar. 21, 2017.
- [8] L. B. Triadi dan P. Simanungkalit, “Monitoring dan upaya mengendalikan muka air pada perkebunan di lahan rawa gambut di Indonesia,” *Jurnal Teknik Hidraulik*, vol. 9, no. 1, pp. 53–68, 2018.
- [9] Onset Computer Corporation, *HOBO U20L User Manual*. Bourne, MA, USA: Onset Computer Corporation, 2020.
- [10] R. Soehatman, *Pedoman Praktis Manajemen Risiko dalam Perspektif K3 (OHS Risk Management)*. Jakarta: Dian Rakyat, 2010.
- [11] K. Yamamoto, A. Miyakawa, T. Sato, N. Imai, dan B. Prasetyo, “Tropical peat debris storage in the tidal flat in the northern part of Bengkalis Island, Indonesia,” *MATEC Web of Conferences*, vol. 276, p. 06002, 2019.
- [12] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2017.
- [13] S. Sutikno, M. Yusa, R. Rinaldi, A. Muhammad, dan H. Saputra, “Hydrological modeling of small coastal peat island in degraded peatlands of Bengkalis Island, Riau Province,” *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, vol. 13, no. 1, pp. 9163–9175, Jan. 2026, doi: 10.15243/jdmlm.2026.131.9163.