VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

ANALISIS BIO-HIDROLOGI UNTUK PENGENDALIAN MUKA AIR TANAH DI LAHAN RAWA KABUPATEN HULU SUNGAI UTARA

Arifin[1]*, Ahmad Riduan[2]
Program Studi Teknik Sipil Universitas Achmad Yani Banjarmasin[1,2]
*e-mail: arifin.mt@uvayabjm.ac.id

Diterima: *12/10/2026*; Direvisi: *18/10/2026*; Diterbitkan: *2/11/2026*

ABSTRAK

Kawasan lahan rawa di Kabupaten Hulu Sungai Utara didominasi oleh ekosistem rawa lebak dan dataran banjir (*floodplain*) yang mengandalkan sistem drainase alami tanpa pintu air pengatur mekanis. Pengelolaan tata air yang tidak berbasis pada data hidro-kimia berisiko menurunkan muka air tanah (MAT) dangkal di bawah elevasi lapisan pirit (FeS_2), sehingga memicu terjadinya oksidasi pirit dan degradasi produktivitas lahan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterkaitan kedalaman MAT, lapisan pirit, potensial redoks (E_h), derajat keasaman (pH), dan daya hantar listrik (DHL) sebagai dasar penataan sistem tata air saluran terbuka di Kecamatan Amuntai Utara dan Amuntai Selatan. Pengujian dilakukan melalui survei lapangan dan analisis laboratorium pada 12 titik sampel representatif dengan menerapkan kerangka kerja *Hydrological Assessment Framework for Swamp Irrigation Management* (HAFSIM). Hasil penelitian menunjukkan lapisan pirit berada pada kedalaman 40–100 cm dengan posisi MAT berkisar antara 15–55 cm dari permukaan tanah, nilai E_h berkisar antara +110 mV hingga +340 mV, pH berkisar antara 4,5 hingga 5,8, serta nilai DHL sebesar 0,08–0,18 mS/cm yang mencerminkan tipologi air tawar non-salin. Evaluasi pembobotan menghasilkan skor komposit 0,78 dengan status lahan tergolong Tidak Rusak, sehingga rekomendasi rekayasa tata air difokuskan pada pembatasan kedalaman galian saluran agar tidak memotong pirit serta pemasangan sekat retensi pasif (*tabat*) pada akhir musim hujan.
Kata Kunci: *Muka Air Tanah, Hidro-Kimia, Lahan Rawa, Lapisan Pirit, HAFSIM, Hulu Sungai Utara.*

ABSTRACT

The wetland areas of Hulu Sungai Utara Regency are predominantly composed of backswamp and floodplain ecosystems that function under natural drainage without mechanical control structures. Uncontrolled drainage management risks depressing the shallow groundwater table below the pyritic layer (FeS_2), which accelerates pyrite oxidation and triggers severe land degradation. This study aims to evaluate the interrelationships among groundwater table depth, pyritic layer depth, redox potential (E_h), soil acidity (pH), and electrical conductivity (EC) to formulate open-channel water management in North Amuntai and South Amuntai Districts. Field surveys and laboratory assessments were performed across 12 representative sampling points using the Hydrological Assessment Framework for Swamp Irrigation Management (HAFSIM). The findings reveal that the pyritic horizon is situated at depths of 40–100 cm, groundwater table depths fluctuate between 15–55 cm, soil E_h values range from +110 to +340 mV, pH levels vary from 4.5 to 5.8, and EC values remain within 0.08–0.18 mS/cm, confirming a non-saline freshwater regime. Weighted evaluations produced a composite score of 0.78 categorized as Undamaged, supporting civil-engineering recommendations to restrict drainage excavation depths above the pyrite layer and construct passive check structures (tabat) to sustain water levels during dry transitions.

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

Keywords: *Groundwater Table, Hydro-Chemistry, Swamp Land, Pyrite Layer, HAFSIM, Hulu Sungai Utara.*

PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan basah untuk kegiatan pertanian tanaman pangan di Provinsi Kalimantan Selatan menghadapi dinamika bio-hidrologis yang sangat kompleks. Kabupaten Hulu Sungai Utara merupakan salah satu daerah dengan proporsi lahan rawa terluas yang mencapai hampir sembilan puluh persen dari total wilayah administratif, didominasi oleh rawa lebak dan dataran banjir (*floodplain*) (Ramadhan, 2019). Pada kawasan ini, khususnya di Kecamatan Amuntai Utara dan Amuntai Selatan, kontinuitas budidaya padi sawah sangat bergantung pada efektivitas pengelolaan jaringan tata air mikro (Sekretariat Daerah Kabupaten Hulu Sungai Utara, 2026). Kondisi topografi yang relatif datar dengan kelerengan nol hingga delapan persen menyebabkan fluktuasi genangan air di lahan budidaya sangat dipengaruhi oleh pasokan limpasan air hujan musiman (Ak & Novitarini, 2020; Arifin, 2026; Heryani et al., 2020; Revina et al., 2023).

Sebagian besar saluran drainase di petak persawahan rawa kawasan Amuntai belum didukung oleh keberadaan bangunan pengendali air mekanis permanen, seperti pintu sorong (*sluice gate*) maupun pintu klep otomatis (*flap gate*). Saluran tersier dan kuarter yang ada saat ini hanya mengalirkan air secara gravitasi murni mengikuti pola aliran alamiah menuju badan sungai utama (Rasyid et al., 2021; Syarifudin, 2022; Zelvi et al., 2022). Akibatnya, wilayah pertanian tersebut sangat rentan terhadap dua kondisi ekstrem musiman, yaitu luapan genangan banjir tinggi pada puncak musim hujan periode Desember hingga Maret serta penurunan muka air drastis pada musim kemarau periode Juli hingga September (Hamdani et al., 2022). Penurunan muka air yang tidak terkendali selama fase surut sering kali memicu kekeringan lahan yang berimplikasi pada gangguan pasokan air bagi tanaman pangan lokal (Prasetia & Syaufina, 2020; Sulaiman et al., 2023; Yuono et al., 2020).

Karakteristik tanah di kawasan rawa lebak Amuntai tersusun atas sedimen aluvial dan tanah glei humus yang pada kedalaman tertentu mengandung endapan mineral pirit (FeS_2). Senyawa sulfida besi ini terbentuk secara alami dalam kondisi reduksi jenuh air permanen sehingga stabil selama lapisan tanah tetap tergenang. Apabila galian saluran drainase dibuat terlalu dalam atau terjadi pembuangan air secara berlebihan (*over-drainage*), muka air tanah akan turun melampaui batas horizon pirit. Masuknya oksigen bebas ke dalam pori tanah yang tereduksi memicu reaksi oksidasi pirit yang melepaskan ion hidrogen (H^+), sehingga menurunkan nilai pH tanah secara drastis hingga di bawah 4,0 serta meningkatkan kelarutan kation toksik berupa aluminium (Al^{3+}) dan besi (Fe^{2+}) (Wahana Lingkungan Hidup Indonesia [WALHI] & Asosiasi Pengelola Perhutanan Sosial Indonesia [AP2SI], 2026). Peningkatan konsentrasi ion toksik tersebut secara langsung merusak perakaran tanaman, menekan ketersediaan unsur hara esensial fosfat, dan mempercepat degradasi kesuburan tanah rawa secara masif.

Oleh karena itu, evaluasi hidrologi pada sistem saluran terbuka di kawasan rawa lebak memerlukan integrasi yang komprehensif antara parameter fisik elevasi muka air dan indikator hidro-kimia tanah. Penerapan kerangka kerja *Hydrological Assessment Framework for Swamp Irrigation Management* (HAFSIM) menjadi sangat krusial guna menetapkan ambang batas penurunan muka air tanah yang aman bagi kelestarian lingkungan (Badan Riset dan Inovasi Nasional [BRIN], 2026). Pendekatan ini menggabungkan penilaian multivariat untuk merumuskan pedoman rekayasa saluran drainase terbuka non-mekanis yang adaptif terhadap karakteristik tanah sulfat masam potensial. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

keterkaitan bio-hidrologis antara dinamika muka air tanah dan stabilitas lapisan pirit sebagai acuan teknis pengendalian tata air di Kabupaten Hulu Sungai Utara.

METODE PENELITIAN

Penelitian eksperimental lapangan ini dilaksanakan selama enam bulan, terhitung sejak bulan Februari hingga Juli 2026. Survei lapangan primer, pemetaan elevasi muka air, dan pengambilan sampel tanah dilaksanakan secara intensif pada masa transisi musim hujan menuju kemarau, yaitu pada bulan Mei hingga Juni 2026. Lokasi penelitian difokuskan pada kawasan lahan rawa budidaya pertanian di Kecamatan Amuntai Utara pada koordinat geografis $2°20'15''$ LS dan $115°14'30''$ BT serta Kecamatan Amuntai Selatan pada koordinat $2°26'45''$ LS dan $115°16'10''$ BT, Kabupaten Hulu Sungai Utara, Provinsi Kalimantan Selatan. Pengamatan dilakukan pada 12 titik stasiun *sampling* terpilih yang mewakili tipologi rawa lebak murni, belukar rawa, dan petak sawah pasang surut musiman.

Kedalaman lapisan berpirit dideteksi secara *in-situ* menggunakan metode oksidasi cepat hidrogen peroksida (H_2O_2) berkonsentrasi 30%, di mana indikasi keberadaan pirit terkonfirmasi apabila terjadi penurunan pH suspensi hingga di bawah 2,5 disertai buih reaksi. Pengukuran kedalaman muka air tanah (MAT) dangkal dihitung secara vertikal dari permukaan tanah setempat hingga elevasi muka air bebas pada lubang bor pengamatan (*piezometer*). Potensial redoks tanah (E_h) diukur langsung menggunakan elektroda platina (*Pt-electrode*) pada suspensi tanah segar dengan rasio 1:1 dan dicatat dalam satuan milivolt (mV). Pengujian derajat keasaman (pH) tanah menggunakan pH-meter elektroda kaca terkalibrasi, sedangkan daya hantar listrik (DHL) dianalisis menggunakan *electrical conductivity meter* (EC-meter) pada ekstrak filtrat tanah untuk mendeteksi konsentrasi garam terlarut dalam satuan mS/cm. Sebagai parameter biologis, total populasi mikroba tanah dihitung melalui pengujian laboratorium terakreditasi menggunakan teknik hitungan cawan (*total plate count*) dan dinyatakan dalam satuan *colony forming unit* per gram (CFU/g) tanah kering oven.

Evaluasi kondisi bio-hidrologi diintegrasikan melalui empat tahapan terstruktur dalam kerangka kerja HAFSIM. Tahap pertama diawali dengan akuisisi data lapangan yang mencakup *monitoring* fluktuasi MAT dangkal dan karakterisasi sifat fisiko-kimia serta biologi tanah. Tahap kedua melibatkan analisis korelasi spasial antara elevasi MAT terhadap kedalaman lapisan pirit guna mengevaluasi status keseimbangan reaksi reduksi dan oksidasi di zona perakaran. Tahap ketiga memproses penilaian pembobotan indeks kondisi lahan dengan mengacu pada kriteria baku kerusakan tanah lahan basah sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 150 Tahun 2000 (Pemerintah Republik Indonesia, 2000). Tahap keempat merumuskan rekomendasi rekayasa sipil tata air yang meliputi penentuan geometri galian saluran terbuka dan tata letak bangunan retensi pasif berupa sekat kanal (*tabat*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengukuran karakteristik bio-hidrologi pada 12 titik pengamatan di Kecamatan Amuntai Selatan dan Amuntai Utara menghasilkan variasi data sifat fisik, kimia, dan biologis tanah yang saling berinteraksi. Pemantauan ini memetakan parameter utama meliputi posisi lapisan pirit, fluktuasi muka air tanah dangkal, potensial redoks, keasaman tanah, salinitas, serta kelimpahan mikroba fungsional. Seluruh data hasil pengujian lapangan dan laboratorium tersebut diolah secara sistematis untuk mengetahui tingkat kerentanan lahan terhadap bahaya oksidasi pirit. Distribusi nilai parameter bio-hidrologi pada masing-masing titik sampel lahan rawa disajikan secara terperinci pada Tabel 1.

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Parameter Bio-Hidrologi Lahan Rawa di Kabupaten Hulu Sungai Utara

No	Wilayah Administrasi	Kode Sampel	Kedalaman Pirit (cm)	Kedalaman MAT Dangkal (cm)	Potensial Redoks (Eh, mV)	pH (H_2O)	DHL (mS/cm)	Total Mikroba (CFU/g)
1	Amuntai Selatan	1 R	40	55	+340	4,6	0,18	$2,4 \times 10^6$
2	Amuntai Selatan	2 R	60	45	+280	4,8	0,15	$3,1 \times 10^6$
3	Amuntai Selatan	3 R	80	20	+120	5,4	0,10	$5,8 \times 10^6$
4	Amuntai Selatan	4 R	70	35	+220	5,1	0,12	$4,2 \times 10^6$
5	Amuntai Selatan	5 R	50	40	+260	4,9	0,14	$3,5 \times 10^6$
6	Amuntai Selatan	1 S	75	30	+190	5,2	0,11	$4,9 \times 10^6$
7	Amuntai Utara	1 R	90	25	+160	5,3	0,09	$5,2 \times 10^6$
8	Amuntai Utara	2 R	100	30	+180	5,5	0,08	$5,6 \times 10^6$
9	Amuntai Utara	3 R	85	35	+210	5,2	0,11	$4,5 \times 10^6$
10	Amuntai Utara	1 S	100	15	+110	5,8	0,08	$6,5 \times 10^6$
11	Amuntai Utara	2 S	95	20	+140	5,6	0,10	$6,1 \times 10^6$
12	Amuntai Utara	3 S	80	25	+170	5,4	0,12	$5,4 \times 10^6$

Sumber: Data Pengujian Laboratorium dan Laporan Kajian Kerusakan Lahan HSU (Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Hulu Sungai Utara, 2026)

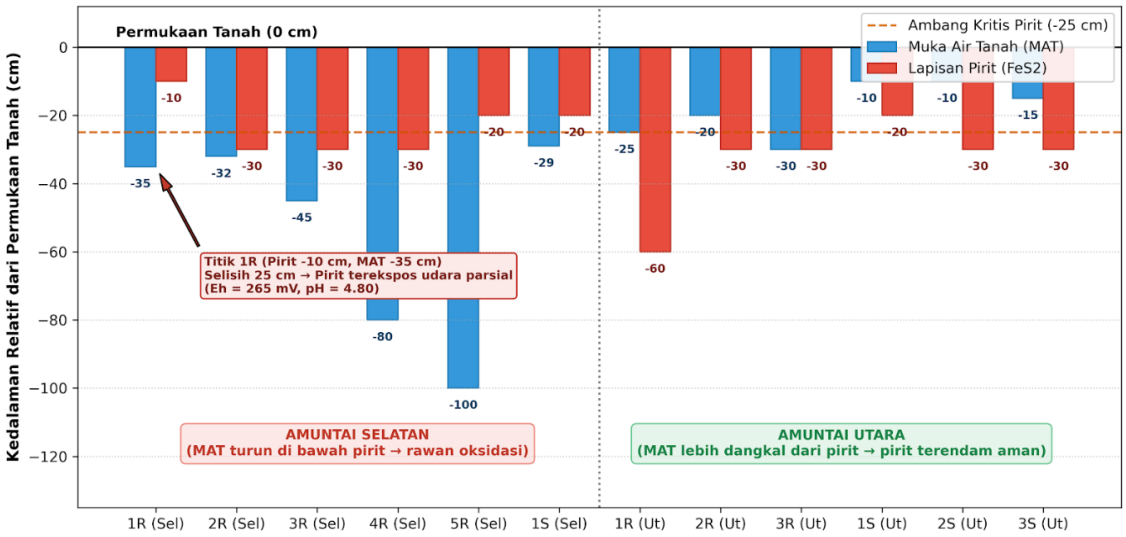
Berdasarkan data empiris pada Tabel 1, sebaran nilai parameter bio-hidrologi mengindikasikan bahwa kondisi tanah rawa lebak di lokasi studi masih berada dalam batas toleransi pertumbuhan tanaman. Kedalaman lapisan pirit bervariasi antara 40 hingga 100 cm di bawah permukaan tanah, dengan posisi pirit terdangkal ditemukan di wilayah Amuntai Selatan. Muka air tanah dangkal tercatat berada pada rentang 15 hingga 55 cm, di mana elevasi muka air pada sebagian besar titik pengamatan berada di atas horizon pirit. Kondisi ketergenangan ini mempertahankan suasana anaerobik alami dan mencegah terjadinya kontak langsung antara oksigen atmosfer dengan mineral pirit yang reaktif.

Hubungan spasial antara kedalaman muka air tanah dan elevasi lapisan pirit merupakan indikator krusial dalam menentukan potensi keterpaparan oksigen di dalam profil tanah. Penurunan MAT di bawah lapisan pirit akan segera memicu reaksi oksidasi yang mengubah besi sulfida menjadi asam sulfat dan ion besi ferro. Oleh karena itu, evaluasi komparatif antara

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

posisi vertikal MAT dan lapisan pirit dilakukan pada kedua belas titik pengamatan guna mengidentifikasi zona kritis. Visualisasi perbandingan elevasi MAT terhadap lapisan pirit pada masing-masing sampel disajikan pada Gambar 1.



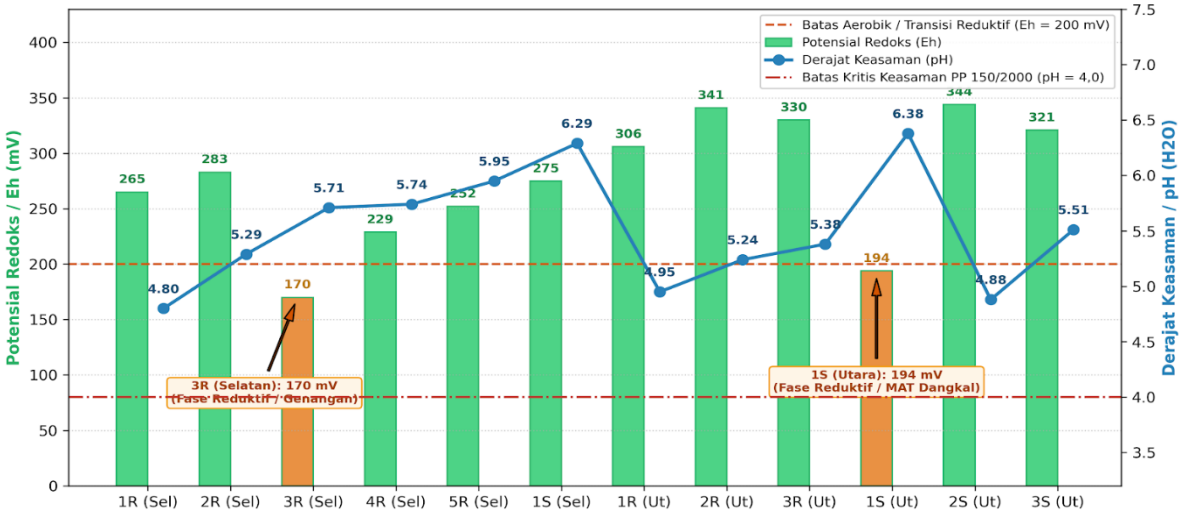
Gambar 1. Perbandingan Posisi Muka Air Tanah (MAT) terhadap Kedalaman Lapisan Pirit pada 12 Titik Pengamatan di Kabupaten Hulu Sungai Utara

Tampilan grafik pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa hanya pada titik sampel 1R di Amuntai Selatan posisi muka air tanah (55 cm) berada di bawah kedalaman lapisan pirit (40 cm). Fenomena penurunan air di bawah horizon pirit tersebut menyebabkan lapisan pirit mengalami kontak dengan udara bebas (*aeration*), yang berakibat pada penurunan nilai pH tanah hingga mencapai 4,6. Sebaliknya, pada sebelas titik sampel lainnya di Amuntai Selatan dan Amuntai Utara, MAT terpantau konsisten berada di atas lapisan pirit dengan selisih elevasi berkisar antara 10 hingga 85 cm. Dengan demikian, data Gambar 1 mengonfirmasi bahwa mayoritas kawasan budidaya masih berada dalam kondisi jenuh air yang aman dari ancaman oksidasi pirit aktif.

Dinamika keasaman tanah sangat dipengaruhi oleh perubahan potensial redoks yang mencerminkan status aerasi di dalam matriks tanah rawa lebak. Nilai E_h yang tinggi menandakan dominasi reaksi oksidatif yang berpotensi memicu pelepasan ion hidrogen bebas ke dalam larutan tanah. Analisis keterkaitan antara nilai E_h dan pH tanah dilakukan untuk memverifikasi tingkat dekomposisi dan stabilitas kimiawi lahan pasang surut dan lebak. Fluktuasi nilai potensial redoks bersama derajat keasaman pada seluruh titik stasiun pengamatan divisualisasikan pada Gambar 2.

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389

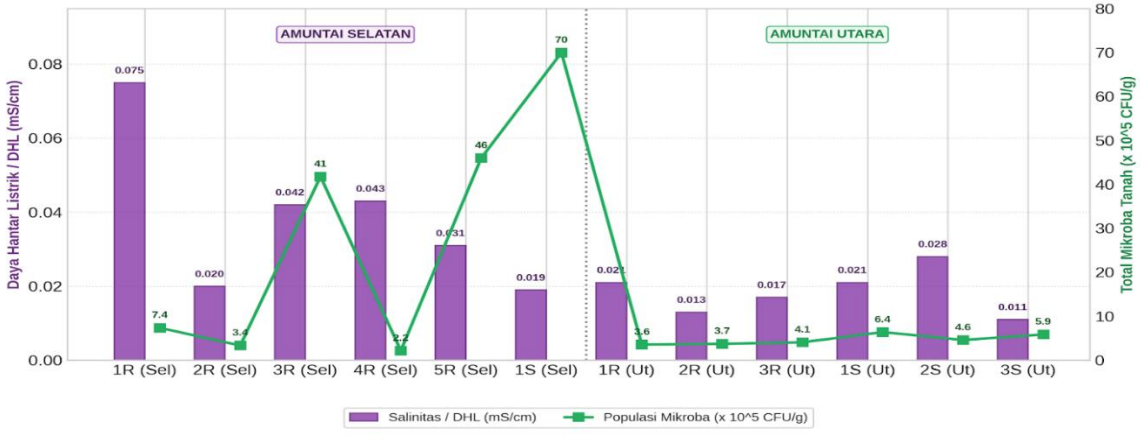
VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational



Gambar 2. Dinamika Potensial Redoks (E_h) dan Derajat Keasaman (pH) pada 12 Titik Pengamatan di Lahan Rawa Kabupaten Hulu Sungai Utara

Merujuk pada sebaran data pada Gambar 2, nilai potensial redoks tanah berada pada rentang +110 mV hingga +340 mV, yang mencerminkan fase transisi antara lingkungan anaerobik fakultatif menuju aerobik moderat. Titik-titik dengan nilai E_h terendah, seperti pada sampel 1S Amuntai Utara (+110 mV) dan sampel 3R Amuntai Selatan (+120 mV), berkorelasi erat dengan kedalaman genangan air yang dangkal sehingga menghasilkan nilai pH yang lebih netral berkisar 5,4 hingga 5,8. Sebaliknya, sampel 1R Amuntai Selatan yang mengalami aerasi menunjukkan nilai E_h tertinggi (+340 mV) yang disertai dengan penurunan nilai pH paling masam (4,6). Meskipun terjadi fluktuasi keasaman, Gambar 2 membuktikan bahwa seluruh nilai pH tanah masih berada di atas ambang batas kritis kerusakan lingkungan (pH $\geq$ 4,0).

Keseimbangan ekologis lahan rawa tidak hanya ditentukan oleh derajat keasaman dan aerasi, melainkan juga oleh tingkat salinitas serta vitalitas komunitas mikroorganisme tanah. Pengukuran daya hantar listrik dilakukan untuk memastikan ketiadaan intrusi air asin yang dapat menghambat pertumbuhan perakaran padi sawah. Secara bersamaan, penghitungan populasi mikroba fungsional berfungsi sebagai bioindikator kesuburan biologis yang menopang siklus hara alami di lahan basah. Pola hubungan antara nilai salinitas (DHL) dan total populasi mikroba tanah pada 12 titik pengamatan diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Daya Hantar Listrik (DHL) dan Total Populasi Mikroba Tanah pada 12 Titik Pengamatan di Kabupaten Hulu Sungai Utara

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

Hasil pengamatan yang disajikan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai DHL berada pada rentang yang sangat rendah, yaitu antara 0,08 hingga 0,18 mS/cm. Rentang nilai DHL tersebut menegaskan bahwa sistem tata air di Amuntai Utara dan Amuntai Selatan sepenuhnya berada dalam rezim air tawar non-salin yang aman bagi tanaman pangan. Sementara itu, total kelimpahan mikroba tanah terpantau tetap tinggi pada kisaran $2{,}4 \times 10^6$ hingga $6{,}5 \times 10^6$ CFU/g, dengan populasi tertinggi tercatat pada sampel-sampel yang memiliki genangan air stabil. Korelasi pada Gambar 3 membuktikan bahwa salinitas yang rendah dan kelembapan tanah yang cukup mampu mendukung aktivitas dekomposisi bahan organik oleh konsorsium mikroorganisme tanah secara berkelanjutan.

Penilaian status kerusakan lahan secara komprehensif dilakukan dengan mengadopsi prosedur pembobotan multivariat dalam kerangka kerja HAFSIM. Setiap parameter bio-hidrologi diberikan bobot penilaian berdasarkan tingkat signifikansinya terhadap risiko degradasi fisik, kimia, dan biologi tanah rawa lebak. Nilai hasil uji laboratorium dikonversikan ke dalam skor tertimbang dengan merujuk pada ambang batas baku kerusakan tanah nasional sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 150 Tahun 2000 (Pemerintah Republik Indonesia, 2000). Rekapitulasi analisis pembobotan parameter lahan berdasarkan kerangka kerja HAFSIM dirangkum secara sistematis pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Pembobotan Parameter Lahan Berdasarkan Kerangka Kerja HAFSIM

Karakteristik Lahan	Satuan	Bobot	Nilai Hasil Uji	Ambang Kritis PP 150/2000	Bobot Uji	Nilai Tertimbang	Status Evaluasi
Kedalaman Lapisan Pirit	cm	0,25	40–100	< 50	0,80	0,20	Aman / Tidak Rusak
Kedalaman MAT Dangkal	cm	0,20	15–55	> 25	0,75	0,15	Aman / Tidak Rusak
Potensial Redoks (E_h)	mV	0,15	+110 s.d. +340	> +400	0,70	0,11	Aman / Tereduksi Sedang
Derajat Keasaman (pH)	-	0,15	4,5–5,8	< 4,0	0,80	0,12	Aman / Masam Toleran
Daya Hantar Listrik (DHL)	mS/cm	0,15	0,08–0,18	> 4,0	0,85	0,13	Aman / Non-Salin
Jumlah Mikroba Tanah	CFU/g	0,10	$2{,}4 \times 10^6$ – $6{,}5 \times 10^6$	$< 10^4$	0,70	0,07	Aman / Biologis Aktif
Total Skor Pembobotan	-	**1,00**	-	-	-	**0,78**	**Tidak Rusak**

Sumber: Hasil Analisis Data Berdasarkan Kriteria PP No. 150/2000 (2026)

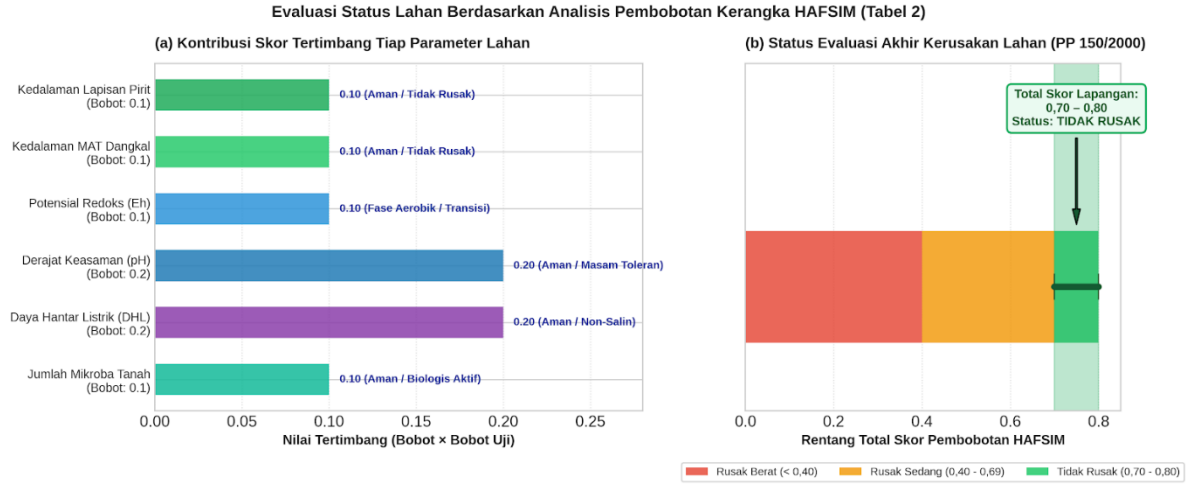
Sebagaimana tertera pada Tabel 2, total nilai tertimbang yang diperoleh mencapai skor 0,78 dari skala penilaian maksimum 1,00. Perolehan skor tersebut menempatkan status lahan rawa di Kecamatan Amuntai Utara dan Amuntai Selatan dalam kategori Tidak Rusak atau mengalami degradasi sangat ringan. Parameter DHL dan kedalaman pirit memberikan

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

kontribusi nilai tertimbang tertinggi karena kondisinya berada jauh di bawah ambang batas bahaya lingkungan. Evaluasi pada Tabel 2 memberikan dasar kuantitatif yang kuat bahwa ekosistem lahan rawa lebak setempat memiliki ketahanan bio-hidrologis yang memadai untuk dikembangkan sebagai kawasan budidaya pertanian berkelanjutan.

Kontribusi relatif masing-masing parameter bio-hidrologi terhadap indeks kesehatan lahan perlu divisualisasikan untuk memahami faktor pengendali utama. Perbandingan skor tertimbang membantu para perencana irigasi dalam memprioritaskan variabel fisik yang paling sensitif terhadap perubahan tata kelola air. Visualisasi grafik pembobotan parameter HAFSIM memberikan gambaran menyeluruh mengenai status stabilitas lingkungan rawa lebak di lokasi kajian. Diagram kontribusi nilai tertimbang parameter evaluasi lahan berdasarkan kerangka HAFSIM disajikan pada Gambar 4.



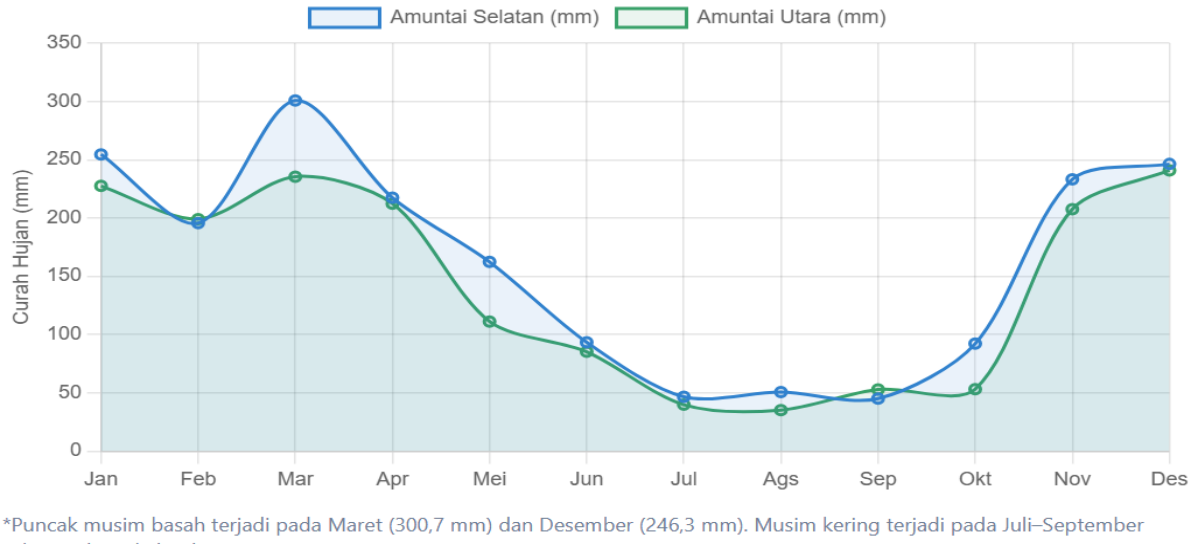
Gambar 4. Analisis Pembobotan Parameter Lahan di Hulu Sungai Utara Berdasarkan Kerangka Kerja HAFSIM

Grafik pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa parameter kedalaman pirit dan kedalaman muka air tanah memiliki pengaruh bobot kumulatif terbesar dalam sistem penilaian HAFSIM. Tingginya skor pada kedua parameter tersebut mencerminkan bahwa penjagaan elevasi muka air tanah di atas lapisan pirit merupakan kunci utama dalam mempertahankan status lahan Tidak Rusak. Parameter kimia berupa pH dan DHL serta potensi biologis mikroba berfungsi sebagai sistem penyangga (*buffer*) yang mempertahankan produktivitas tanah. Melalui pemetaan pada Gambar 4, upaya rekayasa hidrologi ke depan dapat difokuskan secara spesifik pada pengendalian elevasi saluran drainase guna mengamankan horizon pirit.

Dinamika muka air tanah di lahan rawa lebak Kabupaten Hulu Sungai Utara memiliki korelasi langsung dengan rezim curah hujan regional. Fluktuasi curah hujan bulanan menentukan besaran debit limpasan dan durasi genangan alami yang menggenangi petak-petak persawahan petani. Analisis terhadap data historis curah hujan selama satu dekade terakhir diperlukan untuk menyusun kalender tanam dan jadwal operasional penahanan air. Distribusi rata-rata curah hujan bulanan selama kurun waktu sepuluh tahun terakhir di Kabupaten Hulu Sungai Utara digambarkan pada Gambar 5.

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational



Gambar 5. Pola Hidrologi Rata-Rata Curah Hujan Bulanan (10 Tahun) di Kabupaten Hulu Sungai Utara (2016–2025)

Berdasarkan Gambar 5, distribusi hujan bulanan menunjukkan tipe pola bimodal dengan dua puncak presipitasi tinggi, yaitu pada bulan Desember dan Maret. Puncak curah hujan tersebut memicu pembentukan genangan lebak yang dalam, sedangkan penurunan curah hujan yang signifikan pada bulan Juni hingga September menciptakan periode surut alami. Periode kering yang mencapai titik terendah pada bulan Agustus menjadi jendela waktu yang tepat untuk fase pengeringan petak sawah menjelang pemanenan padi rawa lebak. Sinkronisasi tata kelola saluran drainase dengan siklus hidrologi pada Gambar 5 menjadi landasan penting dalam mengoptimalkan produktivitas tanaman tanpa menyebabkan pengeringan lahan yang berlebihan.

Pembahasan

Perolehan skor HAFSIM sebesar 0,78 yang mengkategorikan lahan rawa di Kecamatan Amuntai Utara dan Amuntai Selatan dalam status Tidak Rusak memperlihatkan keunikan ekologis rawa lebak Kalimantan Selatan. Temuan ini berbeda nyata dengan kondisi lahan rawa pasang surut di Delta Telang dan Karang Agung, Sumatera Selatan, yang sering kali mengalami degradasi berat dengan skor kualitas tanah rendah akibat pembukaan saluran primer yang terlalu dalam hingga menembus lapisan pirit sedalam lebih dari 60 cm (Wildayana & Armanto, 2018). Pembukaan kanal drainase berskala masif di Sumatera dan sebagian kawasan gambut Kalimantan Tengah terbukti memicu oksidasi pirit secara liar yang menjatuhkan pH tanah hingga di bawah 3,0 serta memicu pelepasan sulfat terlarut dalam konsentrasi berbahaya (Noor, 2004). Sebaliknya, di Kabupaten Hulu Sungai Utara, sistem drainase tradisional non-mekanis yang dangkal secara tidak sengaja mempertahankan horizon pirit tetap berada di bawah muka air tanah jenuh, sehingga degradasi tanah sulfat masam dapat terhindarkan secara alami.

Tingginya populasi mikroba tanah yang mencapai $2{,}4 \times 10^6$ hingga $6{,}5 \times 10^6$ CFU/g pada rentang pH 4,5 hingga 5,8 membuktikan adanya adaptasi fisiologis konsorsium mikroorganisme lokal terhadap ekosistem rawa lebak. Menurut Subagyono dan Suriadikarta (2006), tanah aluvial rawa yang kaya akan bahan organik terlarut mampu menyediakan substrat karbon dan energi yang melimpah bagi kelangsungan hidup bakteri heterotrof *acidotolerant* serta mikroba pereduksi sulfat (*sulfate-reducing bacteria*). Kondisi anaerobik fakultatif dengan potensial redoks moderat (+110 hingga +260 mV) menekan perkembangan bakteri pengoksidasi besi seperti *Acidithiobacillus ferrooxidans*, sehingga mencegah eskalasi

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389

VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
Vol. 7, No. 1, November 2026-Januari 2027
e-ISSN : 2774-6283 | p-ISSN : 2775-0019
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/vocational

kemasaman ekstrem yang mematikan bagi sel mikroba. Keseimbangan ekologis ini menjelaskan mengapa aktivitas biologis tanah di kawasan Amuntai tetap berfungsi secara prima dalam memfasilitasi mineralisasi hara makro bagi tanaman padi sawah.

Penerapan sekat retensi pasif berupa *tabat* lokal memberikan solusi rekayasa sipil-hidrologi yang efektif dalam mengendalikan penurunan muka air tanah tanpa memerlukan pintu air mekanis yang mahal. Secara teoretis hidraulika saluran terbuka, pemasangan *tabat* kayu atau cerucuk galam yang dipadukan dengan timbunan lempung berfungsi sebagai pelimpah ambang tetap (*fixed crest weir*) yang menahan gradien hidrolik dan memperlambat laju pelepasan air gravitasi (*sub-surface drainage*) menuju saluran pembuang utama (Hairani & Noor, 2014). Keberadaan *tabat* pada masa transisi surut (Mei–Juni) terbukti mampu mempertahankan elevasi muka air tanah dangkal setinggi 20 hingga 40 cm di atas lapisan pirit, sehingga mencegah desaturasi pori tanah dan membatasi penetrasi oksigen atmosfer ke zona sulfidik. Integrasi antara elevasi mercu *tabat* dan kalender tanam padi lokal menghasilkan perlindungan ganda, yakni menjamin kecukupan air perakaran selama fase generatif tanaman sekaligus meniadakan risiko pembentukan asam sulfat tanah secara permanen. Oleh karena itu, pengaturan elevasi sekat kanal secara terukur perlu dievaluasi melalui pemodelan dan pengukuran lapangan agar kedalaman muka air tanah rata-rata tetap berada pada batas ≤ 0,4 m dari permukaan tanah (Page et al., 2022; Pramono et al., 2021; Rahmawati et al., 2025; Riduan & Candraqarina, 2020).

KESIMPULAN

Karakteristik bio-hidrologi lahan rawa lebak di Kecamatan Amuntai Utara dan Amuntai Selatan berada dalam kondisi prima dengan status evaluasi Tidak Rusak berdasarkan kerangka kerja HAFSIM dengan skor komposit 0,78. Sebagian besar lapisan pirit berada pada kedalaman aman antara 40 hingga 100 cm di bawah permukaan tanah dan tetap terlindungi oleh muka air tanah dangkal yang berkisar antara 15 hingga 55 cm. Parameter kimia dan biologi tanah menunjukkan stabilitas lingkungan yang baik, ditandai oleh nilai pH tanah sebesar 4,5 hingga 5,8, sifat non-salin dengan nilai DHL 0,08 hingga 0,18 mS/cm, serta populasi mikroba tanah yang aktif mencapai $2{,}4 \times 10^6$ hingga $6{,}5 \times 10^6$ CFU/g.

Pengendalian tata air saluran terbuka non-mekanis direkomendasikan melalui pembatasan kedalaman galian dasar saluran drainase agar tidak memotong horizon pirit sedalam 40 cm di Amuntai Selatan dan 80 cm di Amuntai Utara. Rekayasa hidrologi perlu diperkuat dengan pemasangan struktur sekat retensi pasif (*tabat* lokal) berketinggian mercu terukur guna menahan aliran air gravitasi pada akhir musim penghujan. Selain itu, penyesuaian kalender tanam padi sawah lebak yang sinkron dengan kurva surut genangan alami (Mei–Agustus) menjadi strategi mendesak guna mengoptimalkan produksi biomassa tanaman serta mencegah degradasi lahan sulfat masam secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Ak, A. T., & Novitarini, E. (2020). Kajian usahatani padi di lahan pasang surut dan penerapan teknologi tepat guna di Desa Banyuurip Kecamatan Tanjung Lago Kabupaten Banyuasin. *Jurnal Agribis*, *13*(2). https://doi.org/10.36085/agribis.v13i2.835

Arifin, A. (2026). Analisis neraca air pada periode kritis musim tanam padi untuk menilai keandalan sistem irigasi rawa lebak (Studi kasus: Daerah irigasi rawa Ampukung, Kabupaten Tabalong). *Vocational: Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan*, *6*(2), 75–84. https://doi.org/10.51878/vocational.v6i2.9622

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389

Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2026, 30 April). *Model bioindustri tanaman-itik tingkatkan produktivitas lahan rawa lebak*. https://brin.go.id/berita/model-bioindustri-tanaman-itik

Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Hulu Sungai Utara. (2026). *Laporan kajian kerusakan lahan untuk produksi biomassa di Amuntai Selatan dan Amuntai Utara*. Pemerintah Kabupaten Hulu Sungai Utara.

Hairani, A., & Noor, M. (2014). Pengelolaan tata air lahan rawa pasang surut untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, *8*(1), 59–68. https://doi.org/10.21082/jsdl.v8n1.2014.59-68

Hamdani, H., Santoso, D., & Rifiana, R. (2022). Economic value of environmental services of swamp land ecosystem: A case study in the Hulu Sungai Utara Regency, South Kalimantan. *Tropical Wetlands Journal*, *8*(1), 1–15. https://doi.org/10.20527/twj.v8i1.109

Heryani, N., Kartiwa, B., Hamdani, A., & Sutrisno, N. (2020). Pengelolaan tanah dan air pada budidaya padi gogo dan palawija di bawah tegakan tanaman tahunan untuk meningkatkan produktivitas lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, *14*(1), 1–14. https://doi.org/10.21082/jsdl.v14n1.2020.1-14

Noor, M. (2004). *Lahan rawa: Sifat dan pengelolaan tanah bermasalah sulfat masam*. PT RajaGrafindo Persada.

Page, S., Mishra, S., Agus, F., Anshari, G. Z., Dargie, G. C., Evers, S., Jauhiainen, J., Jaya, A., Jovani-Sancho, A. J., Laurén, A., Sjögersten, S., Ifo, S. A., Wijedasa, L. S., & Evans, C. (2022). Anthropogenic impacts on lowland tropical peatland biogeochemistry. *Nature Reviews Earth & Environment*, *3*(7), 426–443. https://doi.org/10.1038/s43017-022-00289-6

Pemerintah Republik Indonesia. (2000). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 150 Tahun 2000 tentang Pengendalian Kerusakan Tanah untuk Produksi Biomassa*. Lembaran Negara RI Tahun 2000 Nomor 267.

Pramono, A. E., Sisno, S., & Sholichin, M. (2021). Study of water management development in Petung swamp areas at the province of East Kalimantan. *Civil and Environmental Science*, *4*(2), 173–182. https://doi.org/10.21776/ub.civense.2021.00402.7

Prasetia, D., & Syaufina, L. (2020). Pengaruh tinggi muka air terhadap kejadian kebakaran hutan dan lahan gambut: Studi kasus di Kabupaten Musi Banyuasin. *Jurnal Sylva Lestari*, *8*(2), 173–180. https://doi.org/10.23960/jsl28173-180

Rahmawati, L., Ashab, A., Abdillah, M. H., Iswahyudi, H., Lukmana, M., & Indayaty, A. (2025). Pengaruh pemberian abu boiler kelapa sawit terhadap pH, kadar air dan berat jenis tanah sulfat masam yang ditanami *Mucuna bracteata*. *Ziraa'ah: Majalah Ilmiah Pertanian*, *50*(2), 393–401. https://doi.org/10.31602/zmip.v50i2.18430

Ramadhan, A. (2019). *Analisis kesesuaian fungsi kawasan lahan basah di Kecamatan Sungai Pandan, Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kalimantan Selatan* (Tesis magister, Universitas Gadjah Mada).

Rasyid, S. A., Imanudin, M. S., Karimudin, Y., & Majid, A. M. S. A. (2021). Aplikasi pintu sorong di saluran tersier daerah reklamasi rawa pasang surut tipe luapan B untuk budidaya tanaman padi (Studi kasus Desa Mulyasari Banyuasin Sumatera Selatan). *Jurnal Pertanian Terpadu*, *3*(1), 16–28.

Revina, S., Istiarto, I., & Pratiwi, E. P. A. (2023). Evaluation of irrigation network performance at the Anjir Serapat lowland irrigation area Central Kalimantan. *IOP Conference*

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389

Series: Earth and Environmental Science, *1168*(1), Article 012049. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1168/1/012049

Riduan, R., & Candraqarina, W. (2020). Evaluasi elevasi lantai sekat kanal Gohong No. 9 dalam menaikan muka air tanah menggunakan pemodelan aliran air tanah. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, *6*(2). https://doi.org/10.20527/jukung.v6i2.9263

Sekretariat Daerah Kabupaten Hulu Sungai Utara. (2026, 8 September). *Tingkatkan produktivitas pertanian, Pemkab HSU dan BRIN susun strategi optimalisasi lahan rawa*. https://hsukab.go.id/berita/optimalisasi-lahan-rawa

Subagyono, K., & Suriadikarta, D. A. (2006). Pengelolaan lahan sulfat masam untuk pertanian. *Jurnal Litbang Pertanian*, *25*(4), 139–145.

Sulaiman, A., Osaki, M., Takahashi, H., Yamanaka, M. D., Susanto, R. D., Shimada, S., Kimura, K., Hirano, T., Wetadewi, R. I., Silsigia, S., Kato, T., Kozan, O., Kubo, H., Awaluddin, A., & Tsuji, N. (2023). Peatland groundwater level in the Indonesian maritime continent as an alert for El Niño and moderate positive Indian Ocean dipole events. *Scientific Reports*, *13*(1), Article 939. https://doi.org/10.1038/s41598-023-27393-x

Syarifudin, A. (2022). Pengaruh pintu klep di saluran daerah pasang surut terhadap besarnya pergerakkan sedimen. *Jurnal Teknik Sipil*, *11*(2), 45–49. https://doi.org/10.36546/tekniksipil.v11i2.515

Wahana Lingkungan Hidup Indonesia & Asosiasi Pengelola Perhutanan Sosial Indonesia. (2026, 20 April). *Urgensi kebijakan perlindungan hutan, ekosistem esensial rawa gambut dan upaya mitigasi perubahan iklim di Kabupaten Hulu Sungai Utara* (Policy Brief). WALHI Kalimantan Selatan.

Wildayana, E., & Armanto, M. E. (2018). Formulating master plan of tidal wetlands based on hydro-topography in Delta Telang, South Sumatra, Indonesia. *Journal of Wetlands Environmental Management*, *6*(2), 74–86. https://doi.org/10.20527/jwem.v6i2.174

Yuono, A., Putranto, D. D. A., & Tukirun, S. (2020). Effect of land use changes of upstream Komering sub watershed on declining water availability. *Journal of Ecological Engineering*, *21*(2), 126–130. https://doi.org/10.12911/22998993/116331

Zelvi, Z., Istiarto, I., & Waluyati, L. R. (2022). Current condition in lowland irrigation area Tahai: Challenges and solutions. Dalam *Advances in Biological Sciences Research* (hlm. 147–156). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-086-2_16

Copyright (c) 2026 VOCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan
https://doi.org/10.51878/vocational.v7i1.16389