

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ARTI LAMBANG/SIMBOL ILMIAH DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah.....	4
I.3. Tujuan Penelitian	4
I.4. Manfaat Penelitian	4
I.5. Batasan Penelitian.....	4
I.6. Lokasi Penelitian.....	5
I.7. Peneliti Terdahulu.....	6
I.8. Keaslian Penelitian	12
BAB II TINJAUAN GEOLOGI	13
II.1. Geologi Regional Daerah Penelitian	13
II.2. Gambut Daerah Penelitian.....	15
BAB III LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS	20
III.1. Gambut.....	20
III.1.1. Persebaran lahan gambut.....	20
III.1.2. Pembentukan gambut	22
III.1.3. Karakteristik gambut.....	26
III.1.4. Klasifikasi gambut	31
III.2. Landsat	37
III.2.1. Seri Landsat.....	37
III.2.2. Komponen dan karakter Landsat 8 dan Landsat-9.....	40
III.2.3. Pemrosesan dan analisis citra.....	44
III.3. <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV).....	48
III.3.1. Karakteristik UAV	48
III.3.2. Pemrosesan dan analisis foto udara dari UAV.....	51
III.4. <i>Digital Elevation Model</i> (DEM)	52
III.4.1. Tipe DEM.....	52
III.4.2. DEMNAS	52
III.4.3. DEM untuk analisis gambut.....	53
III.5. Metode Interpolasi	54
III.6. Hipotesis.....	57
BAB IV METODE PENELITIAN	58
IV.1. Tahap Pendahuluan.....	58
IV.1.1. Perumusan masalah.....	58
IV.1.2. Studi Pustaka.....	58
IV.1.3. Penyusunan hipotesis	59



IV.2. Tahap Akuisisi Data.....	59
IV.2.1. Data lapangan.....	59
IV.2.2. Data citra.....	63
IV.3. Tahap Pengolahan Data	64
IV.3.1. Pengolahan data laboratorium.....	64
IV.3.2. <i>Desk analysis</i> menggunakan perangkat lunak	66
IV.4. Tahap interpretasi dan evaluasi data	67
IV.5. Tahap penyusunan laporan	69
BAB V HASIL PENELITIAN	70
V.1. Jenis Gambut Daerah Penelitian	70
V.2. Karakteristik Gambut	75
V.2.1. Kadar lengas	75
V.2.2. Kandungan abu.....	77
V.2.3. Densitas	80
V.2.4. Komposisi kimia	84
V.3. Analisis Spasial Gambut Daerah Penelitian.....	91
BAB VI PEMBAHASAN.....	103
VI.1. Karakteristik dan Distribusi Jenis Gambut Daerah Penelitian.....	103
VI.2. Penghitungan Total Karbon Tersimpan Daerah Penelitian	121
VI.2.1. Total karbon di area pengeboran.....	122
VI.2.2. Total karbon di area KHG.....	124
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	131
VII.1. Kesimpulan.....	131
VII.2. Saran	132
DAFTAR PUSTAKA	134
LAMPIRAN.....	140



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Ringkasan peneliti terdahulu dan hasil penelitian yang berkaitan dengan topik penelitian ini	6
Tabel 2.1.	Vegetasi pada lahan gambut (Kuniyasu dan Tetsuya, 2002)	19
Tabel 3.1.	Ringkasan sebaran gambut di Indonesia, Kalimantan, dan Kalimantan Barat. Hasil modifikasi dari Wahyunto <i>et al.</i> (2005) dan Ritung <i>et al.</i> (2012).....	21
Tabel 3.2.	Kapasitas penyimpanan air dan kadar lengas pada 3 tipe gambut (Farnham dan Finney, 1965)	28
Tabel 3.3.	Skala Post (1924) untuk mengkaji tingkat dekomposisi gambut secara kualitatif di lapangan (Wust <i>et al.</i> , 2003).....	29
Tabel 3.4.	Klasifikasi gambut dan karakteristiknya untuk pengamatan lapangan. Dibagi menjadi 3 grup besar, yaitu <i>fibric</i> , <i>sapric</i> , <i>hemic</i> (Wust <i>et al.</i> , 2003)	34
Tabel 3.5.	Klasifikasi lapangan berdasarkan tekstur gambut untuk gambut tropis (Wust <i>et al.</i> , 2003).....	35
Tabel 3.6.	Kontinuitas dari cakupan data multispektral Landsat 1-8 (USGS, 2019).....	39
Tabel 3.7.	Perbandingan antara saluran spektral OLI/TIRS dengan spektral ETM+ (USGS, 2019)	42
Tabel 3.8.	Saluran Landsat 9 OLI-2/TIRS-2 dan Landsat 8 OLI/TIRS beserta kegunaannya (USGS, 2013b, 2013a, 2022b; Acharya dan Yang, 2015)	43
Tabel 3.9.	Tipe-tipe UAV (Aber <i>et al.</i> , 2019).....	49
Tabel 4.1.	Alat dan deskripsi kegunaannya.....	60
Tabel 4.2.	Jenis analisis yang akan dilakukan dan jumlah sampel yang digunakan dalam pengolahan data laboratorium.....	66
Tabel 5.1.	Klasifikasi gambut berdasarkan klasifikasi tekstural dan kandungan abu menurut Wust <i>et al.</i> (2003).....	78
Tabel 5.2.	Nilai densitas tiap sampel gambut pada tiap interval 50 cm.....	80
Tabel 5.3.	Komposisi kimia gambut (C dan S) daerah penelitian.....	85
Tabel 5.4.	Dataset Landsat 8 dan Landsat 9 yang digunakan dalam analisis citra di KHG Sungai Kapuas-Sungai Mandor.....	98
Tabel 6.1.	Penghitungan karbon tersimpan di tiap kedalaman berdasarkan elevasi dan jenis gambut dari lokasi pengeboran..	123
Tabel 6.2.	Penghitungan total karbon tersimpan di area KHG Sungai Kapuas-Sungai Mandor dari tiap ketebalan gambut berdasarkan hasil interpolasi	125
Tabel 6.3.	Penghitungan total karbon pada area interpolasi bor. Hasil total karbon area KHG akan dikurangi dengan hasil penghitungan total karbon area interpolasi bor. Total karbon pada area ini akan digantikan oleh total karbon tiap elevasi.....	127
Tabel 6.4.	Penghitungan total karbon dari hasil interpolasi data bor untuk mewakili data faktual di lapangan.....	129
Tabel 6.5.	Penghitungan selisih nilai antara hasil analisis dengan <i>fit model</i>	130



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Lokasi penelitian (dimodifikasi dari PRIMIS Badan Restorasi Gambut, 2023)	6
Gambar 2.1.	Kondisi geologi Kalimantan Barat dan sekitarnya, dimodifikasi dari Williams dan Harahap (1987) (Suyono, 2013)	14
Gambar 2.2.	Geologi regional daerah penelitian (Sanyoto dan Pieters, 1993; Suwarna dan Langford, 1993).....	15
Gambar 2.3.	Peta persebaran gambut di Kalimantan (Anda <i>et al.</i> , 2021)	16
Gambar 2.4.	Penampang melintang skema wilayah di antara 2 sungai besar (Subagjo dan Adhi, 1998)	17
Gambar 2.5.	Peta distribusi gambut berdasarkan ketebalan di KHG Sungai Kapuas–Sungai Mandor (BRGM, 2023).....	18
Gambar 3.1.	Persebaran gambut di Indonesia (Page <i>et al.</i> , 2006)	21
Gambar 3.2.	Ilustrasi ideal lingkungan pengendapan gambut yang merepresentasikan lokasi penggambutan dari pesisir hingga <i>intermontane</i> (Dai <i>et al.</i> , 2020)	23
Gambar 3.3.	Proses terestrialisasi pada tubuh perairan oleh rerumputan (Paavilainen dan Paivanen, 1995)	24
Gambar 3.4.	Proses paludifikasi pada lahan kering. Ditandai dengan adanya tumbuhan <i>Sphagnum</i> (Paavilainen dan Paivanen, 1995).....	24
Gambar 3.5.	Evolusi lahan gambut dari kondisi yang setara dengan muka air akibat proses paludifikasi dan terestrialisasi (<i>topogenous</i>) menjadi <i>raised swamps</i> (<i>ombrogenous</i>) (McCabe, 1984).....	25
Gambar 3.6.	Klasifikasi gambut berdasarkan pengamatan lapangan (Esterle dan Ferm, 1994; dimodifikasi setelah Farnham dan Finney, 1965)	32
Gambar 3.7.	Munsell Soil Color Chart (Munsell Color, 1975)	33
Gambar 3.8.	Tekstur gambut. A. <i>Fibric</i> – <i>fine hemic</i> (kanan ke kiri), B. <i>Coarse hemic</i> , C. <i>Hemic</i> , D. <i>Fine hemic</i> , E. <i>Sapric</i> , dan F. Bagian dasar dari gambut (Wust <i>et al.</i> , 2003).....	36
Gambar 3.9.	Klasifikasi gambut berdasarkan kandungan abu dan LoI (Wust <i>et al.</i> , 2003)	37
Gambar 3.10.	Performa OLI <i>Signal-to-Noise</i> (SNR) (USGS, 2019).....	41
Gambar 3.11.	Bandpass gelombang antara sensor Landsat 8 dan 9 (atas), Landsat 7, Landsat 4 dan 5, dan Landsat 1 – 3 (bawah) (USGS, 2022c).....	42
Gambar 3.12.	Konsep <i>ratioing</i> , yaitu dengan membandingkan reflektansi tertinggi dengan reflektansi paling rendah (Gupta, 2018)	45
Gambar 3.13.	Respon mineral terutama Fe pada mineral oksidasi. Pada citra ASTER, <i>ratioing</i> untuk mendapatkan gambar yang lebih jelas pada unsur Fe <i>oxide</i> dilakukan dengan membandingkan antara B2/B1 (Gupta, 2018).....	45
Gambar 3.14.	Kombinasi saluran untuk analisis vegetasi dan badan air dengan menggabungkan saluran 534 RGB dari Landsat. Lahan dengan tutupan vegetasi akan berwarna merah,	



	sedangkan badan air dengan material suspensi berwarna biru muda kehijauan (EarthObservatory, 2014)	46
Gambar 3.15.	Analisis NDVI untuk pemantauan tutupan lahan, dilihat dari kerapatan vegetasi. Disajikan dalam warna hitam putih (Gupta, 2018)	47
Gambar 3.16.	Ilustrasi tipe-tipe UAV. A) <i>Fixed-wing</i> UAV, B) <i>Single-rotor</i> UAV or <i>helicopter</i> , C) <i>Multirotor</i> or <i>multicopter</i> UAV, D) <i>Hybrid VTOL</i> UAVs (Aber <i>et al.</i> , 2019)	50
Gambar 3.17.	<i>Orthomosaic</i> dari foto udara untuk memetakan lahan gambut pesisir (Flores-de-Santiago <i>et al.</i> , 2020)	51
Gambar 3.18.	Perbedaan DTM dan DSM (Gupta, 2018)	52
Gambar 3.19.	Perbandingan antara data elevasi dari DSM, DTM, dan DEMNAS (BIG, 2018)	53
Gambar 3.20.	Sayatan lahan gambut dari data elevasi DEM (Jaenicke <i>et al.</i> , 2008)	54
Gambar 3.21.	Distribusi ketebalan gambut hasil korelasi data permukaan dari DEM dengan data ketebalan dari pengeboran (Jaenicke <i>et al.</i> , 2008)	54
Gambar 3.22.	Perbandingan hasil interpolasi antar metode (Tan and Xu, 2014)	55
Gambar 4.1.	Proses pengambilan data lapangan. A) proses memasukkan alat ke dalam lahan gambut, B) proses pengeboran, C) kenampakan bagian alat pengeboran, D) gambut yang berhasil dibor yang kemudian akan dilakukan deskripsi dan penyimpanan (Anggara <i>et al.</i> , 2021)	62
Gambar 4.2.	Tampilan antarmuka aplikasi Pix4Dcapture beserta contoh akuisisi data permukaan melalui foto udara (PIX4D, 2021)	63
Gambar 4.3.	Diagram alir tahapan dan metode penelitian	69
Gambar 5.1.	Lokasi KHG dan persebaran titik bor (dimodifikasi dari ESDM, 2017)	70
Gambar 5.2.	Kenampakan gambut di lapangan. A) <i>woody sapric</i> (Sw), B) <i>sapric with muck</i> (Sm), C) <i>sapric</i> (S) (kiri), <i>coarse hemic</i> (Hc) (kanan) dengan fragmen kayu, D) <i>coarse hemic</i> (Hc) (kiri), <i>hemic</i> (H) (kanan), E) <i>sapric</i> (S), F) <i>fine hemic</i> (Hf), G) <i>woody sapric</i> (Sw) dengan fragmen kayu (kiri), <i>sapric</i> (S) (kanan)	72
Gambar 5.3.	Kenampakan sedimen dan arang di lahan gambut. A) <i>organic-rich mud with abundant fibers, roots, wood</i> (Moo), B) lapisan arang di lapisan gambut, C) fragmen arang di lapisan gambut	72
Gambar 5.4.	Profil gambut daerah penelitian dari hasil pengeboran	73
Gambar 5.5.	Grafik hubungan antara jenis gambut dengan kadar lengas	76
Gambar 5.6.	Nilai rata-rata kadar lengas dari tipe gambut kelompok <i>hemic</i> dan <i>sapric</i>	76
Gambar 5.7.	Rata-rata nilai densitas dari tiap jenis gambut di daerah penelitian	82
Gambar 5.8.	Rata-rata nilai densitas dari kelompok <i>hemic</i> dan <i>sapric</i>	82



Gambar 5.9.	Sebaran nilai densitas dan hubungan antara densitas dengan tipe gambut di daerah penelitian	83
Gambar 5.10.	Sebaran nilai densitas dan hubungan antara densitas dengan kedalaman sampel (dihitung dari permukaan) di daerah penelitian	84
Gambar 5.11.	Grafik rata-rata kandungan karbon tiap tipe gambut	88
Gambar 5.12.	Kandungan karbon rata-rata dari kelompok gambut.....	89
Gambar 5.13.	Grafik kandungan sulfur rata-rata tiap tipe gambut	90
Gambar 5.14.	Kandungan sulfur rata-rata tiap kelompok gambut.....	91
Gambar 5.15.	Hasil tumpang-tindih antara foto <i>orthomosaic</i> dengan citra satelit (Esri, 2023) pada STA 7, 8, dan 9. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa tutupan lahan telah berubah menjadi lahan pertanian dan perkebunan, yaitu perkebunan karet pada STA 7, perkebunan karet pada STA 8 yang sekitarnya ditanami perkebunan nanas, dan lahan kosong yang ditumbuhi tumbuhan paku dan semak pada STA 9	92
Gambar 5.16.	Hasil tumpang-tindih antara foto <i>orthomosaic</i> dengan citra satelit (Esri, 2023) pada STA 13, 14, 15, dan 17. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa tutupan lahan telah berubah menjadi lahan perkebunan, yaitu perkebunan sawit. Dapat dilihat terdapat lahan bekas pembakaran yang ditunjukkan dengan warna hitam pada permukaannya, seperti yang terlihat jelas di sekitar STA 13	93
Gambar 5.17.	Tutupan lahan pada KHG Sungai Kapuas-Sungai Mandor. Lokasi pengambilan sampel berada di area Pertanian Lahan Kering. Tutupan lahan asli dari lahan gambut di KHG Sungai Kapuas-Sungai Mandor adalah Hutan Rawa Sekunder (KLHK, 2017)	94
Gambar 5.18.	Peta sebaran elevasi daerah penelitian yang didapatkan dari data DEMNAS (BIG, 2018).....	95
Gambar 5.19.	Profil sayatan permukaan dari data DEMNAS pada KHG Sungai Kapuas-Sungai Mandor. A) profil sayatan dengan arah SW-NE (barat daya-timur laut), B) profil sayatan dengan arah NW-SE (barat laut-tenggara). Adanya sungai ditandai dengan arah anak panah yang dicirikan dengan ketinggian permukaan yang lebih rendah dari sekitarnya, yang juga dilihat dari posisi sungai pada kenampakan <i>plane-view</i> . Kenampakan kubah gambut terlihat dari bentuk profil yang cembung ke atas	96
Gambar 5.20.	Persebaran ketebalan gambut di daerah penelitian berdasarkan peta distribusi gambut di KHG Sungai Kapuas-Sungai Mandor (dimodifikasi dari BRGM, 2023)	97
Gambar 5.21.	Analisis NDVI KHG Sungai Kapuas-Sungai Mandor.....	98
Gambar 5.22.	Analisis citra komposit pada saluran 534 (RGB) di KHG Sungai Kapuas-Sungai Mandor. Warna merah gelap menunjukkan daerah yang memiliki tutupan vegetasi tinggi, begitupun sebaliknya. Warna gelap selain merah	



	menunjukkan adanya badan air, sedangkan warna abu-abu (muda-tua) menunjukkan daerah terbangun.....	101
Gambar 6.1.	Persebaran lahan gambut pesisir dengan gambut dataran rendah (dimodifikasi dari ESDM, 2017).....	103
Gambar 6.2.	Persebaran lahan gambut pesisir dengan gambut dataran rendah di area titik pengeboran (dimodifikasi dari ESDM, 2017)	105
Gambar 6.3.	Korelasi tipe gambut dan kandungan abu dari data pengeboran lahan gambut di lokasi penelitian. Semakin dekat posisinya dengan sungai, bagian basal dan permukaan dari lahan gambut, nilai kandungan abu semakin besar	108
Gambar 6.4.	Korelasi tipe gambut dan kandungan karbon dari data pengeboran lahan gambut di lokasi penelitian. Kandungan karbon terbesar berada di tengah lahan gambut. Semakin jauh dari sungai, bagian basal dan permukaan dari lahan gambut, nilai karbon akan semakin besar	109
Gambar 6.5.	Korelasi tipe gambut dan kandungan sulfur dari data pengeboran lahan gambut di lokasi penelitian. Semakin jauh dari sungai, bagian basal dan permukaan dari lahan gambut, nilai sulfur akan semakin kecil.....	110
Gambar 6.6.	Hubungan antara kandungan abu dan kandungan karbon yang menunjukkan korelasi negatif (Wust <i>et al.</i> , 2003)	112
Gambar 6.7.	Hubungan antara kandungan sulfur dan kandungan karbon yang menunjukkan korelasi negatif. Semakin tinggi kandungan sulfur, semakin rendah kandungan karbon.....	115
Gambar 6.8.	Hubungan antara kandungan abu dan kandungan sulfur yang menunjukkan hubungan positif. Semakin tinggi kandungan abu, maka semakin tinggi kandungan sulfur.....	115
Gambar 6.9.	Peta ketebalan lahan gambut KHG Sungai Kapuas-Sungai Mandor setelah dilakukan modifikasi dan interpolasi ulang menggunakan metode <i>kriging</i> (dimodifikasi dari BRGM, 2023). a) peta ketebalan lahan gambut sebelum dilakukan interpolasi ulang, b) peta ketebalan gambut hasil interpolasi ...	116
Gambar 6.10.	Profil lahan gambut di KHG Sungai Kapuas-Sungai Mandor. Topografi didapatkan dari hasil analisis DEM, sedangkan ketebalan didapatkan dari interpolasi ketebalan lahan gambut. Ketebalan lahan gambut di daerah penelitian bervariasi dari 0,5 – 7 m.....	118
Gambar 6.11.	Profil lahan gambut di KHG Sungai Kapuas-Sungai Mandor dengan menggabungkan antara hasil interpolasi ketebalan gambut dengan data yang didapatkan dari pengeboran	119
Gambar 6.12.	Perbandingan antara DEM, ketebalan gambut dengan analisis citra. a) peta DEMNAS, b) peta interpolasi ketebalan gambut, c) peta NDVI, d) peta citra komposit	120
Gambar 6.13.	Hasil interpolasi gambut dari data pengeboran pada elevasi 8 m.....	122



Gambar 6.14.	Visualisasi kalkulasi volume. a_1 , a_2 , a_3 merupakan luas permukaan gambut, sedangkan t_1 , t_2 , t_3 merupakan ketebalan gambut. Volume diperoleh dengan mengalikan a dengan t	125
Gambar 6.15.	Peta ketebalan lahan gambut dan area pengeboran yang telah dilakukan interpolasi	126
Gambar 6.16.	Diagram <i>sankey</i> untuk menunjukkan distribusi total karbon di lahan gambut	127
Gambar 6.17.	Interpolasi ketebalan gambut dari data pemboran saja untuk mewakili data faktual di lapangan. Digunakan untuk validasi penghitungan dan metode analisis,serta untuk melihat selisih eror	129



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Deskripsi Gambut di Lapangan.....	140
Lampiran 2.	Hasil Analisis Ultimat Gambut	155
Lampiran 3.	Foto <i>Orthomosaic</i> dari Titik Pengambilan Sampel Bor.....	161
Lampiran 4.	Korelasi Kandungan abu Titik Pengeboran	166
Lampiran 5.	Korelasi Kandungan Karbon Titik Pengeboran	171
Lampiran 6.	Korelasi Kandungan Sulfur Titik Pengeboran	176
Lampiran 7.	Variasi Jenis Gambut dan Elevasi Berdasarkan Data DEMNAS.....	178
Lampiran 8.	Hasil Interpolasi Gambut di Tiap Kedalaman 0.5 m Berdasarkan Elevasi pada Lokasi Pengeboran dari Ketinggian 11 m hingga -1.5 m	181
Lampiran 9.	Penghitungan Total Karbon di Area Pengeboran.....	194

