



KAJIAN GEOMORFOLOGI PERAIRAN DANGKAL DENGAN PENDEKATAN *BENTHIC TERRAIN MODELER* (BTM) MENGUNAKAN *DRONE* MULTISPEKTRAL

WAHYU WULANDARI



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Kajian Geomorfologi Perairan Dangkal dengan Pendekatan *Benthic Terrain Modeler* (BTM) Menggunakan *Drone* Multispektral” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2025

Wahyu Wulandari
C5502241010



RINGKASAN

WAHYU WULANDARI. Kajian Geomorfologi Perairan Dangkal dengan Pendekatan *Benthic Terrain Modeler* (BTM) Menggunakan *Drone* Multispektral. Dibimbing oleh VINCENTIUS PAULUS SIREGAR dan SYAMSUL BAHRI AGUS.

Perairan dangkal merupakan ekosistem dinamis yang memegang peranan penting dalam ekologi wilayah pesisir. Ketersediaan data akurat mengenai karakteristik dasar perairan dangkal menjadi faktor penting dalam pengelolaan dan pengembangan kawasan pesisir serta pulau-pulau kecil. Sebagai negara kepulauan dengan karakteristik perairan dangkal yang beragam, Indonesia membutuhkan metode efisien untuk memperoleh data secara cepat dengan cakupan wilayah yang luas. Dalam konteks ini, teknologi penginderaan jauh muncul sebagai solusi alternatif yang menjanjikan. Perkembangan pesat teknologi penginderaan jauh, khususnya sistem pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle/UAV*) berbasis *drone* multispektral. Studi ini bertujuan mengevaluasi potensi pemanfaatan citra *drone* multispektral untuk estimasi kedalaman perairan dan pemetaan struktur geomorfologi perairan dangkal.

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 19 – 23 Mei 2024 di perairan dangkal Pulau Panggang, Kabupaten Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Alat yang digunakan berupa *DJI Phantom 4 Multispektral*, GPS RTK, *Gun Sounder*, *Go Pro Camera*, *DroneDeploy*, *AgiSoft Metashape*, *ArcGIS*, *QGIS*, *Global Mapper*, *MATLAB*, dan *Microsoft Excel*. Klasifikasi struktur geomorfologi perairan dangkal, menggunakan data batimetri dengan pendekatan BTM yang terintegrasi pada *ArcGIS*.

Estimasi kedalaman maksimum pada perairan laut dangkal Pulau Panggang adalah 16 meter dengan menggunakan algoritma SVM dengan memiliki koefisien determinasi (R^2) 0,91. Sehingga data hasil SVM digunakan sebagai data *input* pada aplikasi BTM. Kombinasi *scale factor* yang digunakan pada lokasi penelitian yakni *Fine BPI 20* dan *Broad BPI 79* dengan nilai *slope* 84,94°. Terdapat 13 kelas struktur geomorfologi yang didapatkan pada Pulau Panggang dengan hasil analisis BTM. Kelas struktur geomorfologi dengan variasi yang tinggi didapatkan pada wilayah Pulau Panggang. Struktur kelas geomorfologi di daerah penelitian didapatkan kelas terluas hingga terkecil mulai dari *flat plains*, *steep slope*, *broad slope*, *rock outcrop*, *flat ridges*, *current scoured*, *local ridges*, *narrow depression*, *local depression*, *scarp*, dan *crevices*.

Kata kunci: batimetri, *benthic terrain model*, *drone* multispektral, geomorfologi, *support vector machine*

SUMMARY

WAHYU WULANDARI. Geomorphological Study of Shallow Waters Using Multispectral *Drones* with Analysis Approach of Benthic Terrain Modeler (BTM). Supervised by VINCENTIUS PAULUS SIREGAR and SYAMSUL BAHRI AGUS.

Shallow waters represented dynamic ecosystems that played a crucial role in coastal ecology. Accurate data on the characteristics of shallow seabeds were essential for the management and development of coastal areas and small islands. As an archipelagic nation with diverse shallow-water characteristics, Indonesia required efficient methods to rapidly obtain data across extensive areas. In this context, remote sensing technology emerged as a promising alternative solution. The rapid advancement of remote sensing technology, particularly Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-based multispectral drones, opened new opportunities for marine research. This study aimed to evaluate the potential of multispectral drone imagery for water depth estimation and the mapping of benthic habitat geomorphological structures.

The research was conducted from May 19–23, 2024, in the shallow waters of Panggang Island, Thousand Islands Regency, Jakarta. The equipment employed consisted of hardware such as a DJI Phantom 4 Multispectral drone, RTK GPS, gun sounder, GoPro camera, and software including DroneDeploy, Agisoft Metashape, ArcGIS, QGIS, Global Mapper, MATLAB, and Microsoft Excel. The classification of shallow-water geomorphological structures was performed using bathymetric data integrated with field data through a Benthic Terrain Modeler (BTM) approach in ArcGIS.

The maximum estimated depth in the shallow waters of Panggang Island was 16 meters, derived using an SVM algorithm with a coefficient of determination (R^2) of 0.91. The SVM regression output was used as input for BTM analysis. The scale factors applied in the study were Fine BPI (20), Broad BPI (79), and slopes (84.94°). BTM analysis identified 13 geomorphological structures on Panggang Island, with high variability observed across the study area. The geomorphological classes, ranked by coverage from largest to smallest, included flat plains, steep slopes, broad slopes, rock outcrops, flat ridges, current-scoured areas, local ridges, narrow depressions, local depressions, scarps, and crevices.

Keywords: bathymetry, benthic terrain model, drone multispectral, geomorphology, support vector machine



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



KAJIAN GEOMORFOLOGI PERAIRAN DANGKAL DENGAN PENDEKATAN *BENTHIC TERRAIN MODEL* MENGUNAKAN *DRONE* MULTISPEKTRAL

WAHYU WULANDARI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Teknologi Kelautan

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Kajian Geomorfologi Perairan Dangkal dengan Pendekatan
Benthic Terrain Modeler (BTM) Menggunakan *Drone*
Multispektral
Nama : Wahyu Wulandari
NIM : C5502241010

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Vincentius P. Siregar, DEA

Pembimbing 2:
Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr.Ir. Sri Pujiyati, M.Si
NIP 19671021 199203 2 002



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Ferdinan Yulianda, M. Sc
NIP 1963073 1198803 1 002



Tanggal Ujian: 2 Juli 2025

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Mei 2024 sampai bulan Juli 2025 dengan judul “Kajian Geomorfologi Perairan Dangkal dengan Pendekatan *Benthic Terrain Modeler* (BTM) Menggunakan *Drone* Multispektral”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Vincentius P Siregar, DEA dan Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi., M.Si., yang telah membimbing dan banyak memberi saran selama penyusunan tesis ini.
2. Dr. Risti Endriani Arhatin S.Pi, M.Si selaku dosen penguji luar komisi pembimbing yang telah memberikan saran dan masukan yang sangat bermanfaat dalam penyusunan tesis ini.
3. Ayahanda Sujito, Ibunda Tunah, dan Kakak Rini Yanuarti, S.Pi., M. Si., serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, meteril, doa, dan kasih sayangnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini.
4. Getar Tahta Alaya, S.Kel., yang telah membersamai selama proses perkuliahan hingga saat ini.
5. Farel Ahadyatulakbar Aditama, S.Si., M. Si., Theo Imanuel Noya, S.Kel., M.Si., Alfiquyan Wahyu Ramadhan, S. Si., dan Devi Aliyah Sari, S. Si., yang telah membantu dalam proses pengambilan dan pengolahan data.
6. Teman-teman Pascasarjana TEK2023 dan TEK2024 yang selalu memberikan bantuan dan masukan yang bersifat membangun selama menjalani studi maupun proses penyelesaian tesis.
7. Laboratorium Pemetaan dan Pemodelan Spasial (LAPPS) yang telah memfasilitasi dalam proses pengolahan data penelitian.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2025

Wahyu Wulandari



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
II METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Pengukuran dan Pengamatan di Lapangan	7
2.4 Fotogrametri Citra <i>Drone</i>	8
2.5 Koreksi Pasang Surut	9
2.6 Batimetri	9
2.7 Uji Validasi Data Batimetri Hasil Citra <i>Drone</i> dengan Data Lapang	11
2.8 <i>Benthic Terrain Modeler</i> (BTM)	11
2.9 <i>Bathymetric Position Index</i> (BPI)	13
III HASIL DAN PEMBAHASAN	15
3.1 Citra <i>Drone</i>	15
3.2 Koreksi Pasang Surut	15
3.3 Batimetri	16
3.4 Uji Validasi	20
3.5 Struktur Geomorfologi Habitat Benthik	21
3.5.1 Analisis <i>Fine BPI</i> , <i>Broad BPI</i> , dan <i>Slope</i>	23
3.5.2 Struktur kelas geomorfologi	27
IV SIMPULAN DAN SARAN	34
4.1 Simpulan	34
4.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	39
RIWAYAT HIDUP	63



DAFTAR TABEL

1	Alat dan bahan yang digunakan dalam proses penelitian	6
2	Spesifikasi kamera DJI Phantom 4 Multispektral	6
3	Kamus klasifikasi BTM	12
4	Algoritma BTM	13
5	Nilai koreksi pasang surut	15
6	Data lapang yang digunakan untuk estimasi kedalaman	17
7	Uji validasi data kedalaman lapangan dengan estimasi algoritma	20
8	Parameter nilai rentang dan <i>scale factor</i> BPI	25
9	Jumlah piksel pada setiap zona geomorfologi	27

DAFTAR GAMBAR

1	Lokasi penelitian di Pulau Panggang, Kecamatan Kepulauan Seribu Utara, Kabupaten Kepulauan Seribu, DKI Jakarta.	5
2	Jalur rencana penerbangan <i>drone</i>	7
3	Sebaran titik sampling kedalaman	7
4	Diagram alir penelitian	8
5	Diagram alir prosedur klasifikasi geomorfologi perairan dangkal menggunakan BTM	12
6	Nilai positif dan negatif BPI permukaan tinggi dan permukaan rendah	14
7	Nilai BPI kemiringan topografi pada titik tertentu untuk menentukan posisi batimetri	14
8	Variabel piksel dalam perhitungan BPI dari data batimetri (Lundblad <i>et al.</i> 2006).	14
9	Hasil citra <i>drone</i>	15
10	Grafik pasang surut Pulau Panggang	16
11	Kedalaman hasil model algoritma SVM	17
12	Uji regresi data kedalaman lapangan dengan hasil estimasi citra <i>drone</i> menggunakan algoritma SVM	18
13	Profil melintang kedalaman Pulau Panggang	19
14	Profil 3 dimensi batimetri Pulau Panggang	21
15	Komparasi profil melintang batimetri berdasarkan ukuran piksel (a) 6 cm (b) 36 cm	22
16	Visualisasi <i>Broad BPI scale factor 79</i>	24
17	Visualisasi <i>Fine BPI scale factor 20</i>	24
18	Visualisasi kemiringan lereng (<i>Slope</i>)	25
19	Profil zona terumbu karang	29
20	Profil kedalaman dan kelas struktur geomorfologi perairan dangkal Pulau Panggang	30
21	Perwakilan kelas struktur geomorfologi di Pulau Panggang: a) <i>Flat plains</i> ; b) <i>Local ridges, boulders, pinnacles on slopes</i> ; c) <i>Local ridges, boulders, pinnacles on broad flats</i> .	31
22	Contoh pemutihan karang (<i>coral bleaching</i>) di Pulau Panggang	32



DAFTAR LAMPIRAN

1	Contoh perhitungan SVM	40
2	<i>Syntax</i> MATLAB estimasi batimetri Pulau Panggang	41
3	Contoh perhitungan koefisien determinasi, RMSE dan MAE	42
4	Contoh perhitungan algoritma BTM	43
5	Prediksi data pasang surut bulan Mei 2024 Pulau Panggang	45
6	Selisih nilai kedalaman perairan lapangan dan hasil estimasi <i>drone</i>	47
7	Kombinasi <i>trial and error</i> FBPI dan BBPI; (a) <i>scale factor</i> 3 dan 20; (b) <i>scale factor</i> 6 dan 39; (c) <i>scale factor</i> 20 dan 59; (d) <i>scale factor</i> 20 dan 79; (e) <i>scale factor</i> 69 dan 118	60



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.