

ANALISIS KLASIFIKASI HABITAT MAKROALGA DARI CITRA SATELIT MULTI SKALA DENGAN MENGGUNAKAN BERBAGAI ALGORITMA KLASIFIKASI DAN EKSTRAKSI KANDUNGAN NATRIUM ALGINAT MAKROALGA COKELAT

ASWAR ANAS



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Analisis Klasifikasi Habitat Makroalga Dari Citra Satelit Multi Skala Dengan Menggunakan Berbagai Algoritma Klasifikasi Dan Ekstraksi Kandungan Natrium Alginat Makroalga Cokelat” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun 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, November 2022

Aswar Anas
C552190061

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

ASWAR ANAS. Analisis Klasifikasi Habitat Makroalga Dari Citra Satelit Multi Skala Dengan Menggunakan Berbagai Algoritma Klasifikasi Dan Ekstraksi Kandungan Natrium Alginat Makroalga Cokelat. Dibimbing oleh VINCENTIUS PAULUS SIREGAR dan SAM WOUTHUYZEN.

Upaya inventarisasi makroalga sangat diperlukan, terutama pemanfaatan potensinya dalam memproduksi Natrium alginat (Na-alginat). Belakangan ini, ketersediaan berbagai sensor satelit dan algoritma berkembang pesat melalui pemrosesan citra satelit dalam memetakan habitat makroalga dengan lebih akurat. Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengetahui karakteristik spektral habitat makroalga pada tingkat genus berdasarkan pola reflektans dari data satelit, (2) Mengetahui performa klasifikasi berbasis piksel dengan algoritma *maximum likelihood* (MLH), *support vector machine* (SVM), *random forest* (RF), *spectral angle mapper* (SAM), dan logika *fuzzy* yang dapat memberikan akurasi terbaik dalam pemetaan habitat bentik dan makroalga (3) Mengetahui sebaran dan sekaligus menduga potensi makroalga berupa Natrium alginat (Na-alginat) yang diekstrak dari makroalga cokelat. Lokasi pengambilan sampel adalah di Pulau Pannikiang pada bulan September dan Oktober 2020.

Penelitian ini menggunakan data citra satelit Pleiades-1A dengan resolusi piksel ($2 \times 2 \text{ m}^2$) dan Sentinel-2A yang memiliki ukuran piksel ($10 \times 10 \text{ m}^2$). Citra satelit Sentinel-2A sebagai data satelit yang beresolusi menengah, sifatnya *open source* sehingga dapat diakses kapan saja sesuai dengan kebutuhan, sementara citra satelit Pleiades-1A dengan resolusi yang tinggi diperoleh dari Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Parepare. Identifikasi dan klasifikasi habitat bentik dan makroalga dilakukan dengan pengujian beberapa algoritma klasifikasi berbasis piksel yaitu MLH, SVM, RF, SAM, dan logika *fuzzy*. Selain itu, analisis juga dilakukan terhadap pola pantulan spektral dari kedua jenis habitat makroalga yakni makroalga cokelat dan makroalga hijau yang diekstrak dari data satelit. Sementara biomassa makroalga cokelat dilakukan dengan metode pengeringan sampel dan ekstraksi Na-alginat dari makroalga cokelat dilakukan perendaman, penghancuran, pengasaman dan pengendapan. Semua proses tersebut dilaksanakan di laboratorium Universitas Hasanuddin. Diharapkan dari hasil kajian ini dapat memberikan informasi tentang karakteristik kurva spektral yang diperoleh dari citra satelit untuk makroalga cokelat dan makroalga hijau, memberikan informasi performa dari berbagai algoritma yang diterapkan pada citra satelit multi skala dalam pemetaan habitat makroalga, dan memberikan informasi tentang sebaran habitat makroalga secara spasial dan potensinya berupa stok Na-alginat di Pulau Pannikiang, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan.

Sebanyak 400 data diperoleh dari pengamatan lapangan digunakan sebagai acuan untuk mengklasifikasikan habitat bentik dan menguji akurasi peta yang diturunkan dari citra satelit Pleiades-1A (P-1A) dan Sentinel-2A (S-2A). Hasil penelitian menunjukkan setidaknya ada tiga spesies makroalga cokelat dan dua spesies makroalga hijau yang mendominasi di lokasi penelitian. Berdasarkan informasi tentang pantulan spektral yang diperoleh dari data satelit baik dari Pleiades-1A dan Sentinel-2A menunjukkan bahwa kurva spektral makroalga



cokelat lebih kuat dibandingkan dengan makroalga hijau baik pada band hijau dan band merah. Klasifikasi habitat bentik menghasilkan tujuh kelas. Algoritma SVM menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 71,9% untuk citra P-1A, sedangkan MLH menghasilkan akurasi yang lebih rendah sebesar 68,6% untuk citra S-2A. Algoritma SVM dan MLH mempunyai performa yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma lainnya dalam pemrosesan data satelit. Kedua algoritma tersebut menghasilkan akurasi $>60\%$ sesuai dengan standar baku mutu pemetaan habitat perairan dangkal. Sementara algoritma lainnya seperti RF, SAM, dan logika *fuzzy* hanya mampu menghasilkan akurasi $<60\%$. Hasil uji kappa juga memperlihatkan algoritma SVM mampu menghasilkan nilai kappa tertinggi yaitu 0,67 yang dapat dikategorikan sebagai klasifikasi yang baik.

Hal lain yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sebaran habitat makroalga secara spasial yang menunjukkan pada periode Mei (analisis citra Pleiades-1A), makroalga cokelat diperoleh dengan luasan dan sebaran yang cukup luas dibandingkan dengan periode Agustus (analisis citra Sentinel-2A), di mana makroalga cokelat cenderung mulai menurun luasan dan sebarannya digantikan dengan habitat bentik lainnya seperti *rubble* dan karang. Sementara itu, dugaan potensi stok Na-alginat di lokasi kajian yang diekstraksi dari citra P-1A dan S-2A masing-masing sebesar 133,8 ton dan 116,6 ton. Teknik pemetaan ini efektif dan efisien untuk memetakan, menduga, memantau, dan mengelola potensi makroalga cokelat.

Kata kunci: algoritma, citra satelit, habitat bentik, makroalga, pulau pannikiang.

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

ASWAR ANAS. Analysis of Macroalgae Habitat Classification from Multi-Scale Images Using Various Classification Algorithms And Extraction of Sodium Alginate From Brown Macroalge. Supervised by VINCENTIUS PAULUS SIREGAR and SAM WOUTHUYZEN.

Efforts to inventory macroalgae are needed, especially the utilization of their potential to produce sodium alginate (Na-alginate). Recently, the availability of various satellite sensors and algorithms has grown rapidly through satellite image processing in mapping macroalgal habitats more accurately. This study aims to (1) determine the spectral characteristics of macroalgae habitats at the genus level based on reflectance patterns from satellite data and (2) determine the performance of pixel-based classification using the maximum likelihood (MLH) algorithm, support vector machine (SVM), random forest (RF), spectral angle mapper (SAM), and fuzzy logic that can describe the best accuracy in mapping benthic and macroalgae habitats (3) Understanding and predicting the potential of brown macroalgae in the form of sodium alginate (Na-alginate). The sampling location was on Pannikiang Island in September and October 2020.

This study uses data from Pleiades-1A satellite imagery with a pixel resolution ($2 \times 2 \text{ m}^2$) and Sentinel-2A with a pixel size ($10 \times 10 \text{ m}^2$). Sentinel-2A satellite imagery as medium-resolution satellite data is open source and can be accessed anytime. In contrast, high-resolution Pleiades-1A satellite imagery is obtained from the Pares Remote Sensing Earth Station. Identification and classification of benthic and macroalgal habitats were carried out by testing several pixel-based classification algorithms, namely MLH, SVM, RF, SAM, and fuzzy logic. In addition, an analysis was also carried out on the spectral reflection patterns of the two types of macroalgae habitats, namely brown macroalgae and green macroalgae, extracted from satellite data. Meanwhile, brown macroalgae biomass was carried out by drying samples, and Na-alginate extraction from brown macroalgae was carried out by soaking, crushing, acidifying, and settling. All these processes are carried out in the Hasanuddin University laboratory. This study can provide information about the characteristics of the spectral curve obtained from satellite imagery for brown macroalgae and green macroalgae and provide information on the performance of various algorithms applied to multi-scale satellite imagery in mapping macroalgae habitats information on the distribution of macroalgae habitats in general. Spatial analysis and its potential in the form of Na-alginate stock on Pannikiang Island, Barru Regency, South Sulawesi.

400 data obtained from field observations were used as a reference for classifying benthic habitats and testing the accuracy of maps derived from Pleiades-1A (P-1A) and Sentinel-2A (S-2A) satellite images. The results showed that there were at least three species of brown macroalgae and two species of green macroalgae that predominated in the study area. Based on information on spectral reflections obtained from satellite data from both Pleiades-1A and Sentinel-2A, it shows that the spectral curve of brown macroalgae is stronger than that of green macroalgae in both the green and red bands. The classification of

benthic habitats produces seven classes. The SVM algorithm produces the highest accuracy of 71.9% for the P-1A image, while MLH produces the lower accuracy of 68.6% for the S-2A image. SVM and MLH algorithms perform better than algorithms in processing satellite data. Both algorithms produce >60% accuracy following the quality standards for mapping shallow water habitats. While other algorithms such as RF, SAM, and fuzzy logic can only to produce <60% accuracy. The results of the kappa test also show that the SVM algorithm can produce the highest kappa value of 0.67, which can be categorized as a good classification.

Another thing obtained from this study is the spatial distribution of macroalgal habitats, which shows that in the May period (Pleiades-1A image analysis), brown macroalgae were obtained with a fairly wide area and distribution compared to the August period (Sentinel-2A image analysis), where brown macroalgae tend to decrease in area. Their distribution is replaced by other benthic habitats such as rubble and coral. Meanwhile, the estimated potential stock of Na-alginate in the study site extracted from P-1A and S-2A images is 133.8 tons and 116.6 tons, respectively. This mapping technique is effectively and efficiently maps, predicts, monitors, and manages the potential of brown macroalgae.

Keywords: algorithm, benthic habitat, macroalgae, Pannikiang Island, satellite imagery

@Hak cipta milik IPB University

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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2022
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.

ANALISIS KLASIFIKASI HABITAT MAKROALGA DARI CITRA SATELIT MULTI SKALA DENGAN MENGGUNAKAN BERBAGA ALGORITMA KLASIFIKASI DAN EKSTRAKSI KANDUNGAN NATRIUM ALGINAT MAKROALGA COKELAT

ASWAR ANAS

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

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi., M.Si

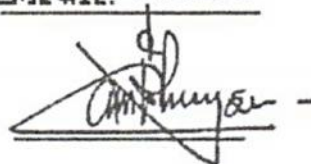
Judul Tesis : Analisis Klasifikasi Habitat Makroalga Dari Citra Satelit Multi Skala Dengan Menggunakan Berbagai Algoritma Klasifikasi Dan Ekstraksi Kandungan Natrium Alginat Makroalga Cokelat

Nama : Aswar Anas
NIM : C552190061

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Vincentius P. Siregar, D.E.A

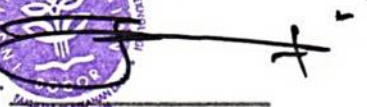
Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Sam Wouthuyzen, M.Sc



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Jonson Lumban Gaol, M.Si
NIP. 19660721 199103 1 009

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc
NIP. 19630731 198803 1 002



Tanggal Ujian:
(21 November 2022)

Tanggal Lulus: 22 DEC 2022

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 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 September 2020 sampai bulan Agustus 2022 ini ialah Tesis, dengan judul “Analisis Klasifikasi Habitat Makroalga Dari Citra Satelit Multi Skala Dengan Menggunakan Berbagai Algoritma Klasifikasi Dan Ekstraksi Kandungan Natrium Alginat Makroalga Cokelat”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Bapak Prof. Dr. Ir. Vincentius P. Siregar, DEA. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Sam Wouthuyzen, M.Sc yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada, moderator seminar Bapak Dr. Ir. I Wayan Astika, M.Si, dan penguji luar komisi pembimbing Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi., M.Si. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Yayasan Hadji Kalla yang telah memberikan bantuan pendanaan melalui program Beasiswa *on going* Magister Jalur Akademik 1 Perguruan Tinggi Unggulan versi KEMENRISTEKDIKTI Tahun 2020.

Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada orang tua tercinta, Ayahanda Limun dan Ibunda Hasma, Kakak-kakak saya Musdalifa, Haslim, Rahmat, Anwar, Nurmi dan adik saya Mutmainna yang telah memberikan doa, dukungan dan motivasi selama melaksanakan hingga menyelesaikan studi ini, Ibu Dr. Ir. Hasni Yulianti Azis, MP selaku ketua Laboratorium Kualitas Perairan, Kak Fitriyani, S.Si dan staf Laboratorium lainnya yang telah membantu dalam menganalisis dan ekstraksi Natrium alginat dan teman-teman (Kasiono Kurniawan, Muh Irvangi, Andi Muh. Agung, Andi Tendri Abeng, Ahmad Muhaimin, Is Arianto Pratama, Haris Toga Pratama, Asri Effendi, Arfian Syaputra yang telah membantu selama pengumpulan data di Pulau Pannikiang Kabupaten Barru.

Ucapan terima kasih kepada para staf dan pegawai di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional di Parepare Bapak Zysal, S.Si, M.Si, Mega Saputra S.T., M.Sc, Hardin S.Si, Ferman, S.Si, Athar, S.Si yang telah banyak membantu, menyediakan berupa citra satelit dan mengarahkan pengolahan data Tesis. Tak lupa kepada Ibu Prof. Dr. Nurjannah, S.T., M.Si yang telah memberi rekomendasi dan sekaligus tempat konsultasi dalam melanjutkan studi.

Ucapan terima kasih tak lupa penulis sampaikan kepada rekan-rekan Magister Teknologi Kelautan IPB University angkatan 2019 (Iqra Prasetya, S.Si, Ghofur AL-Hakim, S.Pi, Zabhika Dinda, S.Pi, Guido Erto, S.Pi, Edi Wansyah, S.Pi, dan Anisa Aulia Sabilah, S.Kel., M.Si) serta kepada kakanda Siddiq Sangadji, S.Pi., M.Si yang telah banyak membantu dalam pengolahan data dan berbagai ilmu kepada penulis. Terima kasih terkhusus untuk Mbak Veybi Djoharam, S.Si., M.Si yang telah membantu dalam mengedit dan menyusun dari draf seminar hasil dan draf tesis.

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

Bogor, November 2022

Aswar Anas



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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

RINGKASAN	ii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
LAMPIRAN	xix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	6
II METODE	7
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	7
2.2 Alat dan Bahan	7
2.3 Metode Pengamatan di Lapangan	9
2.4 Pra-Pengolahan Data	9
2.5 Kondisi Pasang Surut	9
2.6 Analisis data	10
2.6.1 Skema Klasifikasi	10
2.6.2 Klasifikasi Habitat makroalga	10
2.6.2.1 Algoritma <i>maximum likelihood</i> (MLH)	10
2.6.2.2 Algoritma <i>support vector machines</i> (SVM)	10
2.6.2.3 Algoritma <i>random forest</i> (RF)	11
2.6.2.4 Algoritma <i>spectral angle mapper</i> (SAM)	11
2.6.2.5 Algoritma logika <i>fuzzy</i>	12
2.6.3 Uji Akurasi Hasil Klasifikasi	15
2.6.4 Ekstraksi Biomassa dan Natrium alginat Makroalga	16
III HASIL DAN PEMBAHASAN	19
3.1 Penutupan habitat bentik di Pulau Panikkiang	19
3.2 Kualitas Air di Pulau Pannikiang	21
3.3 Kondisi Pasang Surut	21
3.4 Spektral Habitat Makroalga	22
3.5 Skema Klasifikasi Habitat Bentic dan Makroalga	24
3.6 Klasifikasi habitat makroalga	26
3.6.1 Klasifikasi dengan algoritma <i>maximum likelihood</i> (MLH)	26



3.6.2 Klasifikasi dengan algoritma <i>support vector machines</i> (SVM)	28
3.6.3 Klasifikasi dengan algoritma <i>random forest</i> (RF)	30
3.6.4 Klasifikasi dengan algoritma <i>spectral angle mapper</i> (SAM)	32
3.6.5 Klasifikasi dengan algoritma logika <i>fuzzy</i>	34
3.7 Perbandingan akurasi hasil klasifikasi	37
3.8 Sebaran Habitat Makroalga di Pulau Pannikiang	43
3.9 Potensi habitat makroalga di Pulau Panikkiang	46
IV SIMPULAN DAN SARAN	50
4.1 Simpulan	50
4.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	58
RIWAYAT HIDUP	65

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 TABEL

1	Klasifikasi habitat bentik menggunakan berbagai jenis sensor satelit dengan beberapa algoritma dari berbagai sumber	4
2	Perangkat lunak (aplikasi) dan kegunaannya	8
3	Peralatan dan Bahan Survei serta kegunaannya	8
4	Spesifikasi citra satelit sensor Pleiades-1A (P-1A) dan Sentinel-2A (S-2A) dengan panjang gelombang, resolusi spasial, resolusi radiometrik dan resolusi temporal	9
5	Perhitungan matriks kesalahan klasifikasi	15
6	Akurasi per kelas berdasarkan habitat bentik dan makroalga menggunakan algoritma MLH pada citra Pleiades 1-A (P-1A) dan Sentinel-2A (S-2A)	27
7	Luasan habitat bentik dan makroalga hasil analisis citra Pleiades-1A dan Sentinel-2A menggunakan algoritma MLH di Pulau Pannikiang	28
8	Akurasi per kelas berdasarkan habitat bentik dan makroalga menggunakan algoritma SVM pada citra P-1A dan S-2A	29
9	Luasan habitat bentik dan makroalga hasil analisis citra Pleiades-1A dan Sentinel-2A menggunakan algoritma SVM di Pulau Pannikiang	30
10	Akurasi per kelas berdasarkan habitat bentik dan makroalga menggunakan algoritma RF pada citra P-1A dan S-2A	32
11	Luasan habitat bentik dan makroalga hasil analisis citra Pleiades-1A dan Sentinel-2A menggunakan algoritma RF di Pulau Pannikiang	32
12	Akurasi per kelas berdasarkan habitat bentik dan makroalga menggunakan algoritma SAM pada citra P-1A dan S-2A	34
13	Luasan habitat bentik dan makroalga hasil analisis citra Pleiades-1A dan Sentinel-2A menggunakan algoritma SAM di Pulau Pannikiang	34
14	Nilai <i>signature statistic</i> (<i>mean</i> dan standar deviasi) masing-masing kelas habitat bentik dan makroalga citra Pleiades-1A dan Sentinel-2A pada band sinar tampak (merah, Hijau, Biru)	35
15	Akurasi per kelas berdasarkan habitat bentik dan makroalga menggunakan algoritma <i>Fuzzy</i> pada citra P-1A dan S-2A	37
16	Luasan habitat bentik dan makroalga hasil analisis citra Pleiades-1A dan Sentinel-2A menggunakan algoritma <i>Fuzzy</i> di Pulau Pannikiang	37



17	Akurasi keseluruhan klasifikasi algoritma MLH, SVM, RF, SAM dan <i>Fuzzy</i> yang diterapkan pada citra P-1A dan S-2A	38
18	Akurasi PA dan UA habitat makroalga menggunakan algoritma MLH, SVM, RF, SAM dan <i>Fuzzy</i> yang diterapkan pada citra P-1A dan S-2A	41
19	Rentang nilai koefisien Kappa (Richards 2013)	42
20	Uji signifikansi antara kelima algoritma klasifikasi pada citra Pleiades-1A dan Sentinel-2A	43
21	Uji signifikansi antara kelima algoritma klasifikasi pada citra Pleiades-1A dan Sentinel-2A	43
22	Pendugaan potensi makroalga kering dari jenis <i>Sargassum spp</i> dan <i>Turbinaria spp</i> yang diperoleh dari densitas sampling di lapangan dan luas area dari satelit P-1A (Mei 2020) dan S-2A (Agustus 2020)	47
23	Rendemen Na-alginat yang diekstraksi dari berbagai jenis makroalga cokelat dari berbagai perairan Indonesia dengan menggunakan berbagai metode	49

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 GAMBAR

1	Peta lokasi penelitian di Pulau Pannikiang yang menunjukkan titik sampling (warna merah) dan stasiun untuk estimasi stok alginat (warna kuning)	7
2	Pemisahan maksimal fitur ruang dalam dua dimensi (Casey dan Nagy 1971)	11
3	Sudut spektral dalam ruang dimensi (Kamal dan Phinn 2011)	12
4	Tahapan logika <i>fuzzy</i> (A) Citra Pleiades-1A dan (B) Citra Sentinel-2A (Sumber: Hasil pengolahan data tahun 2022)	13
5	Kurva fungsi keanggotaan kelas habitat bentik dan makroalga pada band merah (Sumber: Hasil pengolahan data tahun 2022)	13
6	Kurva fungsi keanggotaan kelas habitat bentik dan makroalga pada band hijau (Sumber: Hasil pengolahan data tahun 2022)	14
7	Kurva fungsi keanggotaan kelas habitat bentik dan makroalga pada band biru (Sumber: Hasil pengolahan data tahun 2022)	14
8	Hasil <i>defuzzification</i> untuk enam kelas habitat menggunakan citra Pleiades-1A (A) dan Sentinel-2A (B) (Sumber: Hasil pengolahan data tahun 2022)	15
9	Tahapan-tahapan penelitian	18
10	Persentase tutupan habitat bentik di Pulau Pannikiang	20
11	Habitat makroalga di pulau Pannikiang yaitu (a) <i>Sargassum spp</i> ; (b) <i>Padina spp</i> ; (c) <i>Turbinaria spp</i> ; (d) <i>Caulerpa racemosa</i> ; dan (e) <i>Halimeda spp</i> .	20
12	Dokumentasi habitat makroalga dari perbedaan waktu sampling (a) Survey Pertama pada tanggal 05/09/2020 dan (b) Survey kedua pada tanggal 24/10/2020	21
13	Tinggi pasang surut perairan Pulau Pannikiang tanggal 11 Mei 2020 (atas) dan 22 Agustus 2020 (bawah) ketika satelit P-1A dan satelit S-2A lewat di atas lokasi kajian	22
14	Pantulan spektral makroalga coklat dan hijau dari citra Pleiades-1A	23
15	Pantulan spektral makroalga coklat dan hijau dari citra Sentinel-2A	24
16	Tutupan komponen habitat bentik yang dominan di lokasi kajian. a). Karang, b). Lamun, c). <i>Rubble</i> , d). Pasir, e). <i>Rubble</i> + Pasir, f). <i>Sargassum spp</i> , g). <i>Turbinaria spp</i> , h). Hampan <i>Halimeda spp</i> , i). <i>Caulerpa racemosa</i>	25
17	Peta habitat bentik hasil pemrosesan citra satelit P-1A (kiri) dan S-2A (kanan) menggunakan algoritma klasifikasi MLH	26



18	Peta habitat bentik dan makroalga hasil pemrosesan Pleiades-1A (kiri) dan Sentinel-2A (kanan) menggunakan algoritma SVM	29
19	Peta habitat bentik dan makroalga hasil pemrosesan Pleiades-1A (kiri) dan Sentinel-2A (kanan) menggunakan algoritma RF	31
20	Peta habitat bentik dan makroalga hasil pemrosesan Pleiades-1A (kiri) dan Sentinel-2A (kanan) menggunakan algoritma SAM	33
21	Peta habitat bentik dan makroalga hasil pemrosesan Pleiades-1A (kiri) dan Sentinel-2A (kanan) menggunakan algoritma <i>Fuzzy</i>	36
22	Kurva fuzzifikasi seluruh kelas habitat bentik dan makroalga pada band merah, hijau dan merah pada citra P-1A (A) dan S-2A (B)	36
23	Habitat lamun mati pada bagian utara di Pulau Pannikiang	42
24	Sebaran habitat makroalga cokelat dan makroalga hijau berdasarkan posisi ditemukannya di Pulau Pannikiang	44
25	Persentase luasan habitat makroalga cokelat dan hijau dari masing-masing hasil pemrosesan citra satelit baik pada P-1A dan S-2A	45
26	(A,B) Berbagai jenis <i>Sargassum spp</i> (C) <i>Sargassum</i> dengan pneumatocyst; (D) <i>Sargassum</i> pada musim pertumbuhan; (E). Makroalga cokelat yang putus dan terdampar di pantai (Sumber: Wouthuyzen <i>et al.</i> 2015)	46
27	Peta sebaran dan potensi Natrium-alginat (ton) dari habitat makroalga cokelat pada (A) citra P-1A dan (B) citra S-2A di Pulau Pannikiang, Kabupaten Barru	48

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.

LAMPIRAN

1 Dokumentasi Lapangan di Pulau Pannikiang Kabupaten Barru	58
2 Pengukuran kualitas air di laboratorium	58
3 Ekstraksi Biomassa makroalga cokelat	59
4 Ekstraksi Natrium alginat (Na-alginat) makroalga cokelat	59
5 <i>Syntax</i> matlab untuk klasifikasi citra Pleiades-1A menggunakan algoritma logika <i>fuzzy</i>	59
6 <i>Syntax</i> matlab untuk klasifikasi citra Sentinel-2A menggunakan algoritma logika <i>fuzzy</i>	60
7 Hasil koreksi atmosferik pada citra Pleiades-1A dan Sentinel-2A	61
8 <i>Confusion matrix</i> klasifikasi citra Pleiades-1A menggunakan algoritma MLH	62
9 <i>Confusion matrix</i> klasifikasi citra Pleiades-1A menggunakan algoritma SVM	62
10 <i>Confusion matrix</i> klasifikasi citra Pleiades-1A menggunakan algoritma RF	62
11 <i>Confusion matrix</i> klasifikasi citra Pleiades-1A menggunakan algoritma SAM	63
12 <i>Confusion matrix</i> klasifikasi citra Pleiades-1A menggunakan algoritma logika <i>fuzzy</i>	63
13 <i>Confusion matrix</i> klasifikasi citra Sentinel-2A menggunakan algoritma MLH	63
14 <i>Confusion matrix</i> klasifikasi citra Sentinel-2A menggunakan algoritma SVM	63
15 <i>Confusion matrix</i> klasifikasi citra Sentinel-2A menggunakan algoritma RF	64
16 <i>Confusion matrix</i> klasifikasi citra Sentinel-2A menggunakan algoritma SAM	64
17 <i>Confusion matrix</i> klasifikasi citra Sentinel-2A menggunakan algoritma logika <i>fuzzy</i>	64

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.