

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
INTISARI	iii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Pertanyaan Penelitian	7
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Kegunaan Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Landasan teori	10
2.1.1 Vegetasi Mangrove	10
2.1.2 Klasifikasi Mangrove	15
a. Skema Klasifikasi Mangrove Berdasarkan Geomorfologi	15
b. Skema Klasifikasi Mangrove Berdasarkan Atribut Struktural	16
c. Skema Klasifikasi Mangrove Berdasarkan Fitososiologi	18
2.1.3 Penginderaan Jauh untuk Studi Mangrove	19
2.1.4 Citra Penginderaan Jauh untuk Studi Struktur Vegetasi Mangrove	20
a. Citra Satelit Pleiades-1	22
b. <i>Airborne</i> LiDAR untuk Kajian Vegetasi Mangrove	23
2.1.5 Klasifikasi Citra Berbasis Objek	24
2.2 Penelitian Sebelumnya	25
2.3 Kerangka Pemikiran	36
2.4 Batasan Operasional	38
BAB III METODE PENELITIAN	39
3.1 Lokasi Penelitian	39

3.2	Bahan dan Alat	41
3.1.1	Bahan	41
3.1.2	Alat	41
3.3	Tahapan Penyiapan Data	42
3.3.1.	Pra Pemrosesan Data <i>Airborne</i> LiDAR	42
a.	Kalibrasi Referensi Nilai Ketinggian	42
b.	Normalisasi Data <i>Airborne</i> LiDAR	43
3.3.2.	Pra Pemrosesan Citra Satelit Pleiades-1	43
a.	Koreksi Radiometrik Citra Optik	44
b.	Koreksi Geometrik Citra Optik	45
3.3.3.	Ekstraksi Variabel Turunan Dataset Citra Penginderaan Jauh	46
a.	Variabel Spektral dan Indeks Vegetasi	46
b.	Variabel Tekstur	47
c.	Variabel Turunan Data <i>Airborne</i> LiDAR	48
d.	Variabel Spasial	49
3.3.4.	Persiapan Survei Lapangan	50
a.	Deliniasi Batas Mangrove	50
b.	Klasifikasi Citra Tidak Terkontrol	50
3.4.	Tahapan Survei Lapangan	52
a.	Penentuan Sampel Lapangan dan Akuisisi Data Lapangan	52
b.	Klasifikasi Peta Kelas Struktur Vegetasi Mangrove	54
3.5.	Uji Hubungan dan Pemilihan Variabel untuk Input Klasifikasi	55
3.6.	Penyusunan <i>Rule-Set</i> dan Proses Klasifikasi Citra Berbasis Objek	58
3.7.	Uji Akurasi Hasil Klasifikasi	59
a.	Uji Akurasi Berbasis Titik	59
a.	Uji Akurasi Berbasis Area	60
3.8.	Diagram Alir	60
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.1	Hasil Penyiapan Data	62
4.1.1.	Hasil Pra Pemrosesan Data <i>Airborne</i> LiDAR	62

4.1.2.	Hasil Pra Pemrosesan Citra Pleiades-1	64
a.	Koreksi Geometrik	64
b.	Koreksi Radiometrik	66
4.1.3.	Hasil Ekstraksi Variabel Turunan Data Penginderaan Jauh	67
a.	Variabel Spektral dan Indeks Vegetasi	67
b.	Variabel Tekstur	70
c.	Variabel Turunan Data <i>Airborne</i> LiDAR	71
d.	Variabel Spasial	73
4.1.4.	Hasil Persiapan Survei	74
a.	Deliniasi Batas Mangrove	74
b.	Klasifikasi Tak Terkontrol Membuat Peta Tentatif Kelas Vegetasi Mangrove	78
a.	Desain dan Distribusi Titik Sampel	79
4.2	Hasil Survei Lapangan	82
4.2.1.	Proses Akuisisi Lapangan	82
4.2.2.	Statistik Hasil Survei Lapangan	83
4.2.3.	Distribusi Struktur Vegetasi Mangrove di Teluk Ratai	86
4.3	Hasil Kajian Hubungan Antara Variabel Turunan Dataset Citra Penginderaan Jauh dan Struktur Vegetasi Mangrove	99
4.3.1.	Hubungan Korelasi Variabel Turunan Data Penginderaan Jauh dengan Kelas Persentase Tutupan Kanopi	99
4.3.2.	Hubungan Korelasi Variabel Turunan Data Penginderaan Jauh dengan Variabel Kelas Ketinggian Mangrove	102
4.3.3.	Hubungan Korelasi Variabel Turunan Data Penginderaan Jauh dengan Variabel Bentuk Pertumbuhan Mangrove	106
4.4	Hasil Penyusunan Skema dan <i>Rule-Set</i> Klasifikasi	108
4.4.1.	<i>Rule-Set</i> Klasifikasi Skenario 1	110
4.4.2.	<i>Rule-Set</i> Klasifikasi Skenario 2	115
4.4.3.	<i>Rule-Set</i> Klasifikasi Skenario 3	118
4.5	Hasil Uji Akurasi pada Berbagai Skenario Klasifikasi Struktur Vegetasi Mangrove	125
4.5.1.	Uji Akurasi Berbasis Data Titik Plot Survei Lapangan	125

4.5.2. Uji Akurasi Berbasis Data Titik Ekstraksi dari Peta Referensi Struktur Vegetasi Mangrove	129
4.5.3. Uji Akurasi Berbasis Data Area Peta Refensi Struktur Vegetasi Mangrove	135
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	140
5.1 Kesimpulan	140
5.2 Saran	141
DAFTAR PUSTAKA	142
LAMPIRAN	151

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ilustasi penciri vegetasi mangrove	10
Gambar 2.2. Contoh jenis akar pada vegetasi mangrove.	12
Gambar 2.3. Zona mangrove global.	13
Gambar 2.4. Sketsa posisi pasang surut dan sungai pada ekosistem mangrove. ...	14
Gambar 2.5. Zonasi mangrove berdasarkan komposisi floristik vegetasi mangrove.	19
Gambar 2.6. Pola pantulan spektral vegetasi mangrove	20
Gambar 2.7. Contoh kenampakan citra Pleiades-1 pada area vegetasi mangrove.	23
Gambar 2.8. Diagram alir kerangka pemikiran	37
Gambar 3.1. Daerah kajian penelitian, dengan latar belakang citra satelit Pleiades 1 komposit 321	40
Gambar 3.2. Ilustrasi area pengamatan pada saat pengukuran lapangan.	53
Gambar 3.3. Skema hierarki klasifikasi	58
Gambar 3.4. Diagram alir penelitian	61
Gambar 4.1 Jalur terbang akuisisi data <i>Airborne LiDAR</i>	62
Gambar 4.2 Model undulasi geoid pada area studi penelitian	63
Gambar 4.3 (a) Petunjuk lokasi (b) Ketinggian <i>point cloud</i> berdasarkan referensi ketinggian <i>Ellipsoid</i> (sebelum dilakukan kalibrasi ketinggian) (c) Ketinggian <i>point cloud</i> berdasarkan referensi geoid (sesudah dilakukan kalibrasi ketinggian)	64
Gambar 4.4. Posisi pergeseran objek citra Pleiades-1 sebelum dilakukan koreksi geometrik	65
Gambar 4.5 Distribusi titik GCP untuk orthorektifikasi citra	66
Gambar 4.6. Hasil residual report proses orthorektifikasi citra	66
Gambar 4.7 Kurva pantulan spektral objek vegetasi (mangrove dan non mangrove), (a) reflectance at sensor dan (b) reflectance at surface (koreksi atmosfer DOS)	67

Gambar 4.8 Variabel spektral citra Pleiades-1. (a) Saluran biru, (b) Saluran merah, (c) Saluran merah, dan (d) Saluran inframerah	68
Gambar 4.9 Variabel indeks vegetasi dari citra Pleiades-1. (a) NDVI, (b) EVI, dan (d) CMRI.....	69
Gambar 4.10 Perbandingan variabel tekstur GLCM diterapkan pada saluran hijau citra satelit Pleiades-1 pada beberapa model statistik. (a) Model statistik <i>mean</i> , (b) Model statistik <i>variance</i> , dan (c) Model statistik <i>entropy</i>	70
Gambar 4.11 Variabel turunan <i>Airborne</i> LiDAR (a) DTM (b) CHM, dan (c) LFC	73
Gambar 4.12 Variabel spasial (a) Jarak terhadap garis pantai dan (b) Jarak terhadap sungai	74
Gambar 4.13 Segmentasi citra untuk deliniasi batas vegetasi mangrove.....	75
Gambar 4.14 (a) skema klasifikasi untuk deliniasi batas vegetasi mangrove (b) Hasil deliniasi batas vegetasi mangrove.....	76
Gambar 4.15 Segmentasi citra multiresolusi ditampilkan siatas komposit citra R : CHM, G : Saluran IR, B : Saluran hijau	78
Gambar 4.16 Distribusi kelas vegetasi hasil klasifikasi tak terkontrol menggunakan metode <i>K-Means Clustering</i>	79
Gambar 4.17 Peta distribusi plot sampel lapangan	81
Gambar 4.18 (a) Ilustrasi pengambilan data pada plot sampel (b) Dokumentasi proses pengambilan data pada plot sampel	82
Gambar 4.19. Dokumentasi kesulitan medan saat menuju lokasi plot sampel	83
Gambar 4.20. Diagram batang frekuensi dan statistik deksriftif ketinggian kanopi	84
Gambar 4.21. Diagram batang frekuensi dan statistik deskriptif persen tutupan kanopi.....	85
Gambar 4.22. Diagram lingkaran dan statistik deskriptif sampel berdasarkan bentuk pertumbuhan mangrove.....	86

Gambar 4.23. Ilustrasi alur proses integrasi data survei lapangan dengan hasil klasifikasi tak terkontrol.....	87
Gambar 4.24. (a) Distribusi kelas persenutupan kanopi mangrove (Pemrosesan, 2023), (b) Dokumentasi foto udara pada setiap kelas persenutupan kanopi mangrove	89
Gambar 4.25. (a) Distribusi kelas ketinggian mangrove (Pemrosesan, 2023), (b) Dokumentasi foto udara pada setiap kelas ketinggian mangrove	92
Gambar 4.26. Dokumentasi bentuk pertumbuhan mangrove yang ditemukan di area studi (a) Dominasi Palem – Paleman (b) Dominasi Pohon (c) Dominasi Pohon-Semak (d) Dominasi Semak	93
Gambar 4.27. Distribusi Kelas Bentuk Pertumbuhan Mangrove	96
Gambar 4.28 Peta kelas struktur vegetasi mangrove (Peta Referensi).....	98
Gambar 4.29 Nilai SU antara variabel turunan data penginderaan jauh dengan kelasutupan kanopi.....	100
Gambar 4.30 Diagram plot 1 : 1 LiDAR <i>fractional cover</i> dan persenutupan kanopi hasil pengukuran lapangan.....	101
Gambar 4.31 <i>Box Plot</i> lima variabel dengan nilai SU tertinggi untuk kelas persenutupan kanopi Mangrove	102
Gambar 4.32 Nilai SU antara variabel turunan data penginderaan jauh dengan kelas ketinggian mangrove.....	103
Gambar 4.33 (a) Diagram plot 1 : 1 tinggi maksimal kanopi di lapangan dengan CHM (b) Diagram Plot 1 : 1 tinggi rata – rata kanopi di lapangan dengan CHM (Pemrosesan, 2023)	104
Gambar 4.34 Diagram <i>Box Plot</i> 1:1 distribusi kelas ketinggian kanopi mangrove pada variabel turunan data penginderaan jauh (a) Variabel CHM (b) Variabel saluran hijau (c) Variabel tekstur merah <i>mean</i> (d) Variabel LFC (e) Variabel tekstur biru <i>mean</i>	105
Gambar 4.35 Nilai SU antara variabel turunan data penginderaan jauh dengan kelas bentuk pertumbuhan mangrove.....	106

Gambar 4.36 Diagram <i>box plot</i> distribusi kelas bentuk pertumbuhan pada variabel turunan data penginderaan jauh (a) Variabel saluran merah (b) Variabel CHM (c) Variabel tekstur merah <i>mean</i> (d) Variabel tekstur biru <i>mean</i> (e) Variabel saluran biru	107
Gambar 4.37 Skema hierarki klasifikasi struktur vegetasi mangrove.....	109
Gambar 4.38 Ilustrasi proses klasifikasi GEOBIA berbasis pengetahuan (a) Segmentasi citra (b) Ekstraksi fitur klasifikasi (c) Uji coba berbagai macam <i>threshold</i> nilai fitur untuk mengelaskan ketinggian vegetasi (d) Penyusunan <i>rule-set</i> klasifikasi dan pengelakan segmen	111
Gambar 4.39 Hasil klasifikasi skenario 1 : (a) Kelas struktur vegetasi level 1 (b) Kelas struktur vegetasi level 2	112
Gambar 4.40 Segmentasi citra pada variabel turunan dari <i>Airborne</i> LIDAR.....	116
Gambar 4.41 Hasil Klasifikasi Struktur Vegetasi Mangrove Menggunakan <i>Rule-Set</i> Skenario 1	122
Gambar 4.42 Hasil Klasifikasi Struktur Vegetasi Mangrove Menggunakan <i>Rule-Set</i> Skenario 2	123
Gambar 4.43 Hasil Klasifikasi Struktur Vegetasi Mangrove Menggunakan <i>Rule-Set</i> Skenario 3	124
Gambar 4.44 Grafik perbandingan nilai akurasi total pada setiap skenario dan level klasifikasi berbasis titik plot survei.....	126
Gambar 4.45 Distribusi titik sampel uji skurasi klasifikasi yang diekstraksi dari peta struktur vegetasi referensi	130
Gambar 4.46 Grafik perbandingan nilai akurasi total pada setiap skenario dan level klasifikasi	131
Gambar 4.47 Ilustasi proses uji akurasi berbasis data area	136
Gambar 4.48 Plot 1 : 1 Perbandingan hasil akurasi total dengan metode uji akurasi berbasis titik dan area.....	137

Gambar 4.49 Plot 1 : 1 Perbandingan akurasi total hasil klasifikasi struktur vegetasi
skenario 3 pada setiap level klasifikasi dan referensi data uji akurasi
..... 139

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sistem Klasifikasi Vegetasi Berdasarkan Atribut Struktural	17
Tabel 2.2 Spesifikasi satelit Pleiades.	22
Tabel 2.3. Tabel Penelitian sebelumnya yang relevan.	29
Tabel 3.1. Data bahan penelitian dan spesifikasinya.....	41
Tabel 3.2. Variabel indeks vegetasi dalam penelitian.	46
Tabel 3.4. Variabel spasial dalam penelitian.....	50
Tabel 3.5. Variabel Struktur Vegetasi di Lapangan	53
Tabel 3.6. Skema Pengkelasan Variabel Struktur di Lapangan	54
Tabel 3.7. Rekapitulasi variabel turunan data penginderaan jauh.....	55
Tabel 3.8. Rekapitulasi variabel struktur vegetasi di lapangan.....	56
Tabel 3.9. Contoh perhitungan uji akurasi berbasis titik dengan <i>confusion matrix</i>	59
Tabel 4.1 Rule-Set Klasifikasi Kelas untuk Membatas Vegetasi Mangrove	77
Tabel 4.2 Kunci Interpretasi Kelas Persen Tutupan Kanopi	88
Tabel 4.3 Kunci Interpretasi Kelas Ketinggian Mangrove	91
Tabel 4.4 Kunci Interpretasi Kelas Bentuk Pertumbuhan Mangrove	94
Tabel 4.5 Klasifikasi Struktur Vegetasi Mangrove	97
Tabel 4.6 <i>Rule-set</i> aturan untuk klasifikasi struktur vegetasi skenario 1	113
Tabel 4.7 <i>Rule-Set</i> untuk klasifikasi struktur vegetasi skenario 2.....	117
Tabel 4.8 <i>Rule-Set</i> untuk klasifikasi struktur vegetasi skenario 3.....	119
Tabel 4.9. Skema uji akurasi pada tiga skenario klasifikasi yang berbeda	125
Tabel 4.10. Rekapitulasi nilai akurasi total pada skenario dan level klasifikasi yang berbeda pada uji akurasi berbasis data titik plot survei	126
Tabel 4.11. <i>Confussion Matrix</i> Uji Akurasi Klasifikasi Struktur Vegetasi Skenario 1 Level 3a Berbasis Data Titik Plot Survei	127
Tabel 4.12. <i>Confussion Matrix</i> Uji Akurasi Klasifikasi Struktur Vegetasi Skenario 2 Level 3a Berbasis Data Titik Plot Survei	128
Tabel 4.13. <i>Confussion Matrix</i> Uji Akurasi Klasifikasi Struktur Vegetasi Skenario 3 Level 3a Berbasis Data Titik Plot Survei	128

Tabel 4.14. <i>Confussion Matrix</i> Uji Akurasi Klasifikasi Struktur Vegetasi Skenario 3 Level 3b Berbasis Data Titik Plot Survei	129
Tabel 4.15. Rekapitulasi Nilai Akurasi Total Pada Skenario dan Level Klasifikasi yang berbeda Pada Uji Akurasi Berbasis Data Titik	131
Tabel 4.16. <i>Confussion matrix</i> uji akurasi klasifikasi struktur vegetasi skenario 2 level 3 berbasis data titik peta referensi struktur vegetasi	132
Tabel 4.17. <i>Confussion matrix</i> uji akurasi klasifikasi struktur vegetasi skenario 1 level 3 berbasis data titik peta referensi struktur vegetasi	133
Tabel 4.18 <i>Confussion Matrix</i> Uji Akurasi Klasifikasi Struktur Vegetasi Skenario 3 Level 3a Berbasis Data Titik	134
Tabel 4.19 <i>Confussion Matrix</i> Uji Akurasi Klasifikasi Struktur Vegetasi Skenario 3 Level 3b Berbasis Data Titik	135
Tabel 4.20. Rekapitulasi hasil uji akurasi berbasis data area	138