

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Persetujuan	iii
Lembar Pernyataan	v
Lembar Persembahan	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Istilah	xvi
Daftar Lampiran	xxvi
Intisari	xxvii
<i>Abstract</i>	xxviii
<b>BAB I. Pendahuluan</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Permasalahan	1
1.2. Perumusan Masalah	14
1.3. Pertanyaan Penelitian	17
1.4. Tujuan	18
1.5. Batasan Masalah	18
1.6. Manfaat Penelitian	19
1.7. Keaslian Penelitian	19
<b>BAB II. Tinjauan Pustaka</b>	<b>30</b>
2.1. Penginderaan Jauh Sistem Pasif dan Aktif	30
2.1.1. Sensor Pasif Penginderaan Jauh	30
2.1.1.1. Lensa Tunggal	30
2.1.1.2. Lensa Tunggal ( <i>synchronous dan asynchronous</i> )	31
2.1.1.3. Lensa Tunggal <i>asynchronous</i>	31
2.1.1.4. Sensor Pandang Ganda Lensa Tunggal	32
2.1.1.5. Sensor Lensa Ganda	33
2.1.1.6. SPOT MED	33
2.1.1.7. Mode Pencitraan	34
2.1.2. Sensor Aktif Penginderaan Jauh	36
2.1.2.1. Lidar	36
2.1.2.2. IFSAR	37
2.1.2.3. <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (SRTM)	39
2.1.3. Perbandingan Sistem	40
2.1.3.1. Ekstraksi Informasi 3D Citra Stereo	40
2.1.3.2. Penambahan Teknologi untuk Pembentukan MPD.	41
2.2. <i>Direct Georeferencing</i>	44
2.2.1. Sistem Navigasi <i>Inertial</i> dibantu GPS	44
2.2.1.1. Sistem Navigasi <i>Inertial</i>	44
2.2.1.2. Bantuan GPS untuk Sistem Navigasi <i>Inertial</i>	47
2.2.2. Komponen GPS-AINS untuk <i>Direct Georeferencing</i>	48
2.2.3. Sistem <i>Direct Georeferencing</i> untuk Pembentukan MED	50
2.2.3.1. Sistem <i>Direct Georeferencing</i> pada Lidar	50

2.2.3.2. Sistem <i>Direct Georeferencing</i> pada IFSAR	51
2.2.4. Persyaratan Kalibrasi <i>Boresight</i>	51
2.2.4.1. <i>Boresight</i> Sensor Lidar	51
2.2.4.2. Persyaratan Kalibrasi <i>Lever Arm</i>	53
2.2.4.3. Pasca Pengolahan	53
2.2.4.4. Pertimbangan Perencanaan	54
2.3. Sistem Lidar	57
2.3.1. Konfigurasi Sistem Lidar	58
2.3.2. Hubungan antara Sistem Referensi	58
2.3.3. Komponen-Komponen Lidar	60
2.3.3.1. Jarak Laser ( <i>Laser Distance</i> )	60
2.3.3.2. Penyiaman dan Sistem Navigasi	62
2.3.3.3. Penyaringan dan Segmentasi	63
2.3.3.4. Pencarian Titik Rendah ( <i>low point</i> )	64
2.3.3.5. Penghalusan Titik Data	65
2.3.3.6. Segmentasi dan Penyaringan	66
2.3.3.7. Perataan antar Jalur Terbang	66
2.3.4. Sistem Deteksi Lidar <i>Full Waveform</i>	71
2.3.4.1. Analisis Informasi <i>Full waveform</i>	73
2.3.4.2. Penguraian Gauss	73
2.3.5. MPD dan MED	74
2.4. Terapan Laser untuk MED	76
2.5. Klasifikasi dan Interpretabilitas Citra	83
2.5.1. Klasifikasi Citra	86
2.5.2. Proses Klasifikasi Citra	88
2.5.2.1. Ekstraksi Fitur	88
2.5.2.2. <i>Training</i>	89
2.5.2.3. <i>Labelling</i>	89
2.5.3. Teknik Klasifikasi	90
2.5.4. Klasifikasi tidak Terawasi	92
2.5.5. Klasifikasi Terawasi	93
2.5.6. Klasifikasi berdasar Elevasi Citra Lidar	96
2.5.7. Klasifikasi Digital berdasar Intensitas Citra Lidar	96
2.5.8. Klasifikasi berdasar <i>Decision Tree</i> Citra Lidar	98
2.5.9. Interpretabilitas	99
2.5.9.1. Penilaian Interpretabilitas	99
2.5.9.2. Penilaian Interpretabilitas Menurut NIIRS	102
2.6. Ketelitian dan Analisis Data Lidar	106
2.6.1. Standar Ketelitian Peta	106
2.6.1.1. Standar Ketelitian Peta Menurut FEMA	107
2.6.1.2. Standar Ketelitian Peta Menurut ASPRS	108
2.6.1.3. Standar Ketelitian Peta Menurut NSSDA	111
2.6.2. Tingkat MED Menurut Data Elevasi Medan Digital	112
2.6.2.1. Ketelitian	115
2.6.2.2. Datum	115
2.6.2.3. Pengumpulan data elevasi digital	115
2.6.3. Uji Ketelitian Klasifikasi	116

2.6.3.1. Metode Uji Ketelitian	116
2.6.3.2. Matrik Konfusi	118
2.6.3.3. Uji Separabilitas	119
2.7. Ringkasan Tinjauan Pustaka	121
<b>BAB III. Kerangka Teori</b>	125
3.1. Pengantar Kerangka Teori	125
3.2. Sistem <i>Direct Georeferencing</i>	126
3.3. Kemampuan Sistem Lidar <i>Full Waveform</i>	129
3.4. Klasifikasi dan Interpretasi Data Lidar <i>Full Waveform</i>	130
3.5. Kontrol Kualitas	132
3.6. Model Konseptual	135
<b>BAB IV. Metode Penelitian</b>	137
4.1. Pengantar Metode Penelitian	137
4.2. Materi Penelitian	141
4.3. Alat Penelitian	141
4.4. Tahapan Penelitian	142
4.5. Persiapan Survei Lidar	145
4.6. Modifikasi-1	146
4.6.1. Akuisisi Data Lidar Sepanjang Koridor	146
4.6.2. Sistem Lidar <i>Full Waveform</i>	151
4.7. Proses Citra Lidar	154
4.8. Model Permukaan Digital	156
4.9. Modifikasi-2	157
4.9.1. Penyaringan	161
4.9.2. Model Elevasi Digital.	162
4.10. Pengukuran Terestris Lapangan	164
4.11. Pengolahan Data Koordinat Terestris.	166
4.12. Hitungan Ketelitian Horisontal dan Vertikal	166
4.13. Foto Udara Format Medium Digital	168
4.14. Proses Citra Orto Digital	169
4.15. Vegetasi dan Bangunan	169
4.16. Integrasi Lidar dan Citra Orto Digital	171
4.17. Modifikasi-3	172
4.17.1. <i>Area sampling</i>	173
4.17.2. Penampang Melintang Lidar	173
4.18. Modifikasi-4	175
4.18.1. Klasifikasi Digital berdasar Intensitas	176
4.18.2. Klasifikasi Digital berdasar <i>Decision Tree</i>	177
4.18.3. Klasifikasi Digital berdasar Elevasi	179
4.19. Hitungan Separabilitas dan Ketelitian Klasifikasi	180
4.19.1. Hitungan Separabilitas	180
4.19.2. Hitungan Matrik Konfusi	181
4.19.3. Skema klasifikasi	182
4.20. Modifikasi-5	182
4.20.1. Interpretasi dan Pemodelan 3D	183
4.20.2. Cara Penilaian Interpretabilitas	184
4.20.3. Visualisasi 3D Obyek Vegetasi dan Bangunan	188

4.20.4. Integrasi Citra Terestrial Digital dan Lidar	189
<b>BAB V. Hasil dan Pembahasan</b>	191
5.1. Hasil Proses Modifikasi-1	191
5.1.1. Hasil Akuisisi Data Lidar dan Pemotretan Udara	191
5.1.2. Hasil Proses <i>Direct Georeferencing</i>	193
5.1.3. Hasil Integrasi GPS-IMU	196
5.1.4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Data Lidar	201
5.1.4.1. Akurasi dari Posisi 3D	201
5.1.4.2. Beberapa Faktor Akurasi yang Utama	201
5.1.5. Pengaruh dari Berbagai Sumber Kesalahan	203
5.2. Hasil Ketelitian Posisi Vertikal dan Horisontal Data Lidar	205
5.2.1. Hasil Ketelitian Posisi Vertikal Data Lidar	205
5.2.2. Hasil Ketelitian Posisi Horisontal Data Lidar	207
5.3. Hasil Modifikasi-2	210
5.3.1. Klasifikasi Titik Permukaan Bumi	213
5.3.2. Klasifikasi Vegetasi	214
5.4. Hasil Modifikasi-3	216
5.5. Hasil Modifikasi-4	220
5.5.1. Hasil Klasifikasi Data Lidar berdasarkan Intensitas	220
5.5.1.1. Analisis Intensitas untuk Obyek Tertentu	223
5.5.1.2. Hasil Klasifikasi	224
5.5.2. Hasil Klasifikasi Data Lidar berdasarkan <i>Decision Tree</i>	226
5.5.3. Hasil Klasifikasi Data Lidar berdasarkan Elevasi	228
5.5.4. Hasil Perhitungan Separabilitas	232
5.5.5. Hasil Hitungan Matrik Konfusi	234
5.6. Hasil Modifikasi-5	236
5.6.1. Interpretabilitas Data Lidar	238
5.6.2. Visualisasi dan Pemodelan 3D	246
5.6.2.1. Penyajian MPD dan MED	248
5.6.2.2. Visualisasi Data Lidar dan Citra Orto Digital	250
5.6.3. Hasil Integrasi Citra Terestrial Digital dan Lidar	252
5.7. Keuntungan dan Kerugian Teknologi Lidar	253
5.8. Hasil Temuan dalam Penelitian.	257
<b>BAB VI. Kesimpulan dan Saran</b>	259
6.1. Kesimpulan	259
6.1.1. Ketelitian Lidar	259
6.1.2. Klasifikasi Lidar	261
6.2. Saran	263
Ringkasan	265
<i>Summary</i>	291
Daftar Pustaka	314
Lampiran	325