



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS KETELITIAN DEM ASTER GDEM, SRTM, DAN LIDAR
UNTUK IDENTIFIKASI AREA PERTANIAN TEBU BERDASARKAN
PARAMETER KELERENGAN**

(Studi Kasus : Distrik Tubang, Kabupaten Merauke, Provinsi Papua)

*Analysis of DEM ASTER GDEM, SRTM, and LIDAR Accuracy for Sugarcane Plantation
Area Identification Based on Slope Parameter*

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana (Strata-1)

MAHMUDI

21110110120063


**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO
DESEMBER 2014**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

ANALISIS KETELITIAN DEM ASTER GDEM, SRTM, DAN LIDAR UNTUK IDENTIFIKASI AREA PERTANIAN TEBU BERDASARKAN PARAMETER KELERENGAN

(Studi Kasus : Distrik Tubang, Kabupaten Merauke, Provinsi Papua)

Adalah benar hasil karya saya sendiri yang belum pernah dibuat dan diserahkan sebelumnya, baik sebagian atau seluruhnya, baik oleh saya maupun orang lain, baik di UNDIP maupun institusi pendidikan lainnya. Semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Mahmudi
NIM : 21110110120063
Tanda Tangan : 
Tanggal : 21 Desember 2014

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Mahmudi

NIM : 21110110120063

Jurusan/Program Studi : Teknik Geodesi

Judul Skripsi : Analisis Ketelitian DEM ASTER GDEM, SRTM, dan LiDAR untuk Identifikasi Area Pertanian Tebu Berdasarkan Parameter Kelerengan (Studi kasus : distrik Tubang, kabupaten Merauke, provinsi Papua)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan/Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

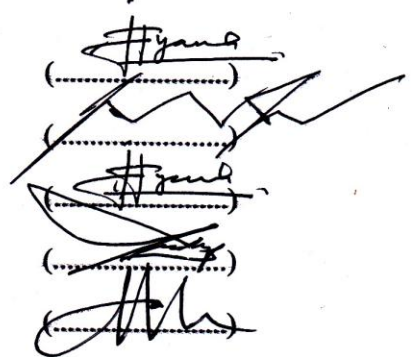
Pembimbing I : Ir. Sawitri Subiyanto, M.Si

Pembimbing II : Bambang Darmo Yuwono, ST., MT

Penguji I : Ir. Sawitri Subiyanto, M.Si

Penguji II : Dr. Yudo Prasetyo, ST., MT


Penguji II : Abdi Sukmono, ST., MT



Semarang, Desember 2014

Ketua Program Studi Teknik Geodesi

Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro



Ir. Sawitri Subiyanto, M.Si
NIP. 196603231999031008

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr. wb

Alhamdulillah, segala puji hanya milik Allah SWT yang telah menciptakan segalanya tanpa sedikit pun cacat di dalamnya. Atas izin-Nya, melalui berbagai macam proses akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik atas bantuan dan bimbingan dari semua pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Sawitri Subiyanto, MSi selaku Ketua Jurusan Program Studi S1 Teknik Geodesi, Dosen Wali sekaligus Dosen Pembimbing yang telah membantu dan membimbing penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Muhammad Awaluddin, ST, MT selaku Sekretaris Jurusan Program Studi S1 Teknik Geodesi.
3. Bapak Bambang Darmo Yuwono, ST, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu dan membimbing penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Kedua Orang tua. Pak Slamet Yarkoni dan Mak Istinah, dan segenap keluarga besar yang paling setia memberikan doa, pengorbanan, dukungan, dan semangat kepada penulis.
5. Pak Bambang Sudarsono, Pak Sutomo Kahar, Ibu Hani'ah, Pak Andri Suprayogi, Pak Arwan Putra, Pak Laode M Sabri, Pak Arief Laila, Pak Yudo Prasetyo atas segala ilmu dan bimbingannya selama ini.
6. Pak Tulus, Pak Mahfudin, Pak Sarji, Pak Sawiyan, Pak Nur Cholis, Pak Mahsyar dan Bu Yuli yang telah membantu penulis dalam mengurus segala urusan administrasi perkuliahan.
7. PT Karvak Nusa Geomatika, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, serta Badan Informasi Geospasial yang telah membantu perolehan data Tugas Akhir.
8. Mas Akhmad Didik Prasetyo, Mas Arry Prasetya Nugraha, Nariswari Diwangkari, Rizki Budi Kusumawardani, Panji Pratama Putra, Rendi Aulia, Dodi Ariyanto,

Anak RK, dan segenap keluarga besar Lukman Maulana yang dengan keikhlasannya telah mendukung, dan banyak membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir.

9. Para supporter tercinta anak kos Tirtosari 123A yang setia menemani lembur dan mengibur. Arif, Hanung, Brian, Galih, Adam, Yosep, Akbar, Novian, Adian, Dimas, Felix, Dion, Betra, Naufal, Fadhli, Rio. Semoga kita dapat berkumpul kembali dalam kesuksesan. *Stay different with the right brain!* dan cintai bukus!.
10. Para pendukung setia dari seberang. Om Arif, Bu Totok, Om Sastro, Tante Ucik, Richad, Geogie zeka, Ain, Mbak Rina, Dhanar, Dicko, Muti, Dhana, Daniel. Terima kasih atas dukungan, doa, cerita, dan inspirasi yang selalu dibagi meski raga terbatas jarak.
11. Para kepompong alias sahabat tercinta. Acil, Inem, Wahyu, Theo, Jela, Herandes, Aupan. Terima kasih telah mewarnai hari-hariku, beryanyi denganku, mendengar keluh kesahku, menyemangatiku, dan menghadapi kekhilafan juga keegoisanku. Semoga tuhan meridhoi cinta kita, dan menjaga rasa bhineka tunggal ika ini hingga tua nanti, aamiin. *Keep calm and communication!*.
12. Keluargaku YOMAN 2010, keluargaku sehoobi GFAct, dan keluargaku KKN Bulakers yang unik, baik, dan penuh kejutan. Terima kasih atas waktu yang telah kita habiskan bersama. Kenangan kita indah, masa depan kita cerah!.
13. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dengan segala kekurangannya. Untuk itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan dari Tugas Akhir ini.

Kekurangan hanyalah milik penulis dan kesempurnaan hanyalah milik Allah. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi para seluruh pembaca dan dapat dikembangkan untuk kemajuan ilmu pengetahuan nantinya.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Semarang, Desember 2014

Mahmudi

HALAMAN PERSEMBAHAN



“Fainnama’al ‘usriyusroo, Innama’al ‘usriyusroo – Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. (Q.S Al-Insyiroh: 5-6)”

“Life is never flat, LED TV is only flat”

“Kalau ingin panen yang bagus, maka tananamlah yang bagus” – sebuah pesan dari ayah tercinta yang selalu mengingatkan penulis.

“Berusahalah yang terbaik dengan cara yang baik, insya Allah ditempatkan Allah di tempat yang baik” – sebuah pesan dari ibu tercinta yang selalu meyakinkan penulis.

Kupersembahkan Karya ini untuk:

Kedua Orang tua tercinta,

Bapak Slamet Yarkoni, dan Ibu Istinah yang telah memberikan segalanya, terima kasih.

Mbak Istiqomah, dan Mbak Siti Marfu’ah kakakku tersayang, terima kasih.

Keluarga besarku yang selalu ada untuk mendukung, terima kasih.

Bapak-ibu guru dan dosenku, yang dengan kemuliaan hati telah memberikan pelita hidup kepada kami muridmu, terima kasih.

Teman-teman seperjuanganku dalam menimba ilmu hingga saat ini.

Almamaterku, Universitas Diponegoro Semarang.

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mahmudi
NIM : 21110110120063
Jurusan/Program Studi : Teknik Geodesi
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Analisis Ketelitian DEM Aster GDEM, SRTM, dan LiDAR

untuk Identifikasi Area Pertanian Tebu Berdasarkan Parameter Kelerengan “

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini, Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Desember 2014

Yang menyatakan,



Mahmudi

ABSTRAK

Lereng merupakan permukaan bumi yang memiliki kemiringan seragam. Kelerengan merupakan perbandingan antara beda tinggi dengan jarak. Salah satu pemanfaatan informasi kelerengan yaitu dalam bidang perkebunan tebu untuk penentuan area tanam. Proses pemetaan area dengan luas ribuan hektar, tentu tidak efisien apabila menggunakan metode survey pemetaan langsung di permukaan tanah. Salah satu metode alternatif yang sering diterapkan yaitu dengan memanfaatkan elevasi dari data DEM SRTM dan ASTER yang dianggap sebagai tinggi permukaan tanah. Meski demikian, banyak literatur lain yang menjelaskan bahwa elevasi DEM (*Digital Elevation Model*) sebenarnya merupakan elevasi tutupan lahan di atas permukaan tanah. Dari hal itu, maka hadir metode LIDAR (*Light Detection and Ranging*) yang dirasa lebih baik, karena berbasis sinar laser yang dapat menjangkau informasi tinggi permukaan tanah. Penelitian ini menganalisis korelasi, dan perbedaan klasifikasi kelerengan data DEM SRTM dan ASTER terhadap klasifikasi kelerengan data LiDAR. Area yang diteliti meliputi perkebunan tebu dengan luas ± 7.370 Ha di daerah Tubang, Merauke, Papua.

Pembuatan peta kelerengan mengikuti SOP (*Standard Operating Procedures*) yang dikeluarkan oleh BIG (Badan Informasi Geospasial) pada tahun 2012, tentang pengolahan data untuk pemetaan kemiringan lereng nomor 03.01.11.02. Dimana garis besar tahap pengolahannya meliputi *gridding*, definisi sistem proyeksi, klasifikasi kelerengan, klustering, penghalusan, dan generalisasi. Sedangkan pembagian jenis klasifikasi kelerengan mengikuti aturan yang dibuat oleh Puslittanak (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat), hal tersebut mengingat penelitian ini berkaitan dengan kondisi tanah pertanian. Hasil dari penelitian ini berupa tiga buah peta kelerengan, dan tiga buah peta kesesuaian lahan pertanian tebu berdasarkan parameter kelerengan skala 1:30,000 dari data LIDAR, SRTM, dan ASTER.

Hasil proses interpolasi grid menunjukkan bahwa data yang paling akurat yaitu LiDAR dengan nilai standar deviasi $\pm 0,3674013$ m; selanjutnya SRTM sebesar $\pm 8,0916394$ m; dan terakhir ASTER sebesar $\pm 9,8854329$ m. Setelah dilakukan uji ketinggian data terhadap titik kontrol BM dan peta RBI, diketahui bahwa data LiDAR memiliki selisih paling baik dengan standar deviasi $\pm 0,078$ m dan $\pm 1,387$ m; kemudian SRTM $\pm 0,422$ m dan $\pm 4,339$ m; ASTER $\pm 0,297$ m dan $\pm 7,979$ m. Meski demikian, dalam perhitungan manual ditunjukkan bahwa ketiga data menghasilkan analisis kemiringan lereng yang sama dengan RBI, selisih dan standar deviasi ketiganya kurang dari $\pm 0,4\%$. Kemudian hasil uji korelasi dan signifikansi luas hasil klasifikasi kelerengan LiDAR menunjukkan bahwa hubungan terhadap SRTM searah sebesar 49,6% (Cukup), sedangkan terhadap ASTER tidak searah sebesar 57,8% (Kuat). Nilai selisih luas rata-rata antara LiDAR dengan SRTM sebesar 3.382.840 m², sedangkan dengan ASTER sebesar 5.547.200 m². Selisih luas area sesuai tanam tebu SRTM terhadap LiDAR yaitu 4.702.697,081m², sedangkan ASTER terhadap LiDAR yaitu 12.733.548,477m². Persamaan jenis klasifikasi area sesuai tanam ASTER terhadap LiDAR yaitu 34,82%; sedangkan SRTM terhadap LiDAR 29,80%.

Kata Kunci : ASTER, Lereng, LiDAR, SRTM , Tebu

ABSTRACT

Slopes are the earth's surface that have a sloping uniform. Slope is the value of the height difference and distance ratio. One of information usages of slope are in the field of sugarcane plantations especially for the determination of the planting area. The mapping process of thousands acres of area is certainly not efficient when using directly mapping survey method. One of alternative methods that usually applied is by using the elevation data of DEM SRTM and ASTER which considered as a high ground area. However, many other literatures explain that the elevation of DEM (Digital Elevation Model) is actually a level of land cover elevation above ground. This condition triggers the present method of LIDAR (Light Detection and Ranging) that is considered better than the previous methods, due to the laser beam based which possibly measures the height of terrain. This study analyze the relationship and classification differences of slope DEM SRTM and ASTER data with the classification slope LiDAR data. Area examined in this research is the sugarcane plantations area with the vast of $\pm 7,370$ hectares in Tubang, Merauke, Papua.

Map making slope is cited from SOP (Standard Operating Procedures) issued by BIG (Badan Informasi Geospasial) in 2012 related to the data processing for mapping slope number 03.01.11.02. Whereas, the outline of the data processing stages are including gridding, definition of projection system, slope classification, clustering, smoothing, and generalization. This study relates to the condition of agricultural land, so the distribution of slope classification types following the rules made by Puslittanak (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat). The results of this study are three slope maps and three sugarcane plantation area maps based on slope parameter with a scale of 1:30,000 of LiDAR, SRTM and ASTER data.

The result of grid interpolation revealed that the best accurate is LiDAR with a standard deviation of ± 0.3674013 m, then SRTM ± 8.0916394 m, and the last is ASTER ± 9.8854329 m. The testing of height data toward the BM control point and RBI maps showed that LiDAR data has the best difference with a standard deviation of ± 1.387 m, then SRTM ± 4.339 m, and ASTER ± 7.979 m. However, the manual calculations indicated that the three data produced the same slope analysis with the RBI, differentiation and standard deviations are less than ± 0.4 m. Then the results of correlation and significance of the slope broad classification showed a 49.6% direct relationship between SRTM and LIDAR (considered to be enough), whereas a 57.8% indirect relationship between LIDAR and ASTER (considered to be strong). The area difference between LiDAR and SRTM is 3,382,840 m², whereas between LiDAR and ASTER is 5,547,200 m². The difference of sugarcane plantation area between SRTM and LiDAR is 4,702,697.081 m², and between ASTER and LiDAR is 12,733,548.477 m². The similarity of classification sugarcane plantation area ASTER and LiDAR a 34.82%, whereas SRTM and LiDAR a 29.80%.

Keywords : *ASTER, LiDAR, Slope, SRTM, Sugarcane*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Perumusan Masalah	3
I.3. Tujuan Penelitian	3
I.4. Manfaat Penelitian	3
I.5. Pembatasan Masalah	4
I.6. Metodologi Penelitian	5
I.6.I. Ringkasan Penelitian	5
I.6.2. Diagram Alir Penelitian	6
I.7. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1. Penelitian Sebelumnya	8
II.1.1. Uji Hasil Klasifikasi Kelerengan DEM dan Kontur.....	8
II.1.2. Pengaruh Kelerengan Pada Perkebunan Tebu	9

II.2. Parameter Kelerengan dalam Penentuan Kesesuaian Lahan	
Pertanian Tebu	10
II.2.1. Kesesuaian Lahan	10
II.2.1.1. Ordo Kesesuaian Lahan	11
II.2.1.2. Kelas Kesesuaian Lahan	11
II.2.2. Kelas Kesesuaian Lahan Tanam Tebu.....	12
II.3. Kelerengan	12
II.3.1. Penyiapan Data DEM/DTM	14
II.3.2. Pengolahan Data Menjadi Peta Kelerengan	15
II.3.2.1. Perhitungan Nilai Kelerengan	16
II.3.2.2. Klasifikasi Kelerengan	17
II.3.2.3. Klustering	18
II.3.2.4. Konversi ke Vektor dan Penghalusan	18
II.3.2.5. Hitung Luasan dan Generalisasi.....	19
II.4. LiDAR.....	19
II.4.1. Komponen <i>Airborne</i> LiDAR.....	21
II.4.1.1. Sensor LiDAR	21
II.4.1.2. Kamera Digital	24
II.4.1.3. GPS (<i>Global Positioning System</i>)	26
II.4.1.4. INS (<i>Inertial Navigation System</i>)	28
II.4.1.5. <i>Operator Display</i> dan <i>Pilot Display</i>	29
II.4.1.6. <i>Aircraft</i> / Pesawat	30
II.4.2. Tahapan Umum Survey LiDAR	31
II.4.3. Data <i>Airborne</i> LiDAR	32
II.4.4. Ketelitian dan Sumber Kesalahan Data LiDAR	33
II.4.5. Kelebihan dan Kelemahan LiDAR	34
II.5. DTM/DEM.....	35
II.5.1. Pengertian DTM/DEM	35
II.5.2. Jenis DTM/DEM	36
II.5.2.1. DTM Irregular	36

II.5.2.2. DTM Regular	37
II.5.3. Representasi DTM/DEM	38
II.5.4. Sumber Data DTM/DEM	40
II.5.5. Distribusi Kesalahan DTM/DEM	41
II.5.6. Metode Untuk Mencari Ketelitian DTM/DEM.....	43
II.6. DEM SRTM	45
II.6.1. Karakteristik Data SRTM	47
II.6.1.1. Langkah Pemrosesan Data SRTM	47
II.6.1.2. Versi Data SRTM	48
II.6.1.3. Format Data SRTM	49
II.6.1.4. Kelebihan dan Kekurangan DEM SRTM	50
II.7. DEM ASTER GDEM	50
II.7.1. Karakteristik DEM ASTER GDEM	52
II.7.1.1. Proses Akuisisi Data DEM ASTER GDEM	52
II.7.1.2. Versi Data DEM ASTER GDEM	53
II.7.1.3. Format Data DEM ASTER GDEM	56
II.7.1.4. Kelebihan dan Kekurangan DEM ASTER GDEM	56
II.8. <i>Gridding</i>	57
II.8.1. Interpolasi <i>Kriging</i>	57
II.8.2. <i>Height Error Map</i> (HEM)	60
II.8.3. Penelitian Terdahulu Metode <i>Gridding</i>	61
II.9. Uji Statistik	62
II.9.1. Penentuan Sampel	62
II.9.2. Uji Distribusi Normal	63
II.9.3. Uji Korelasi	64
II.9.3.1. Uji Korelasi <i>Pearson</i>	65
II.9.3.2. Uji Korelasi <i>Rank Spearman</i> dan <i>Kendall's Tau</i> ..	65
II.9.4. Uji Signifikansi	66
II.9.4.1. Uji t	66
II.9.4.2. Uji <i>Wilconox</i>	68

II.9.5. Skala Peta	69
BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN	
III.1. Area Penelitian	70
III.2. Persiapan Penelitian	70
III.2.1. Data Primer	70
III.2.2. Data Sekunder	71
III.2.3. Peralatan	72
III.3. Pengolahan Data.....	73
III.3.1. Pemotongan Area Penelitian	74
III.3.2. <i>Gridding</i>	75
III.3.3. Pembuatan Peta Kelerengan.....	80
III.3.3.1. Pembuatan TIN	80
III.3.3.2. Konversi TIN Menjadi Raster	82
III.3.3.3. Klasifikasi Kelerengan	83
III.3.3.4. Klustering	85
III.3.3.5. Konversi Menjadi Vektor dan Penghalusan	87
III.3.3.6. Perhitungan Luas dan Generalisasi	90
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1. Analisis Data DEM	93
IV.1.1. Analisis Hasil <i>Gridding</i> DEM/DTM.....	93
IV.1.2. Analisis Kondisi Permukaan DEM/DTM Terhadap RBI ..	94
IV.1.3. Analisis Elevasi Data DEM/DTM Terhadap RBI dan <i>Benchmark</i>	95
IV.1.4. Analisis Penampang Melintang Elevasi Permukaan DEM/DTM	99
IV.2. Analisis Luasan Hasil Klasifikasi Kelerengan	101
IV.2.1. Penentuan Sampel Luas Jenis Kelerengan	101
IV.2.2. Rekapitulasi Data Hasil Klasifikasi Kelerengan	102
IV.2.3. Analisis Korelasi dan Signifikansi Luas Hasil Klasifikasi Kelerengan.....	103

IV.3. Analisis Hasil Klasifikasi Kelerengan Secara Manual.....	105
IV.4. Analisis Area Sesuai Tanam Tebu	107
IV.4.1. Rekapitulasi Luas Area Sesuai Tanam Tebu	107
IV.4.2. Analisis Persamaan Jenis Klasifikasi Area Sesuai Tanam Tebu	108
IV.4. Analisis Keterwakilan Peta	109
BAB V PENUTUP	
V.1 Kesimpulan	110
V.2 Saran	112
DAFTAR PUSTAKA	xxiii

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1.	Diagram Alir Penelitian	6
Gambar II.1.	Area penelitian kelerengan oleh USGS	8
Gambar II.2.	Hasil penelitian klasifikasi kelerengan oleh USGS	9
Gambar II.3.	Diagram alir SOP pengolahan data DEM menjadi peta kemiringan lereng	15
Gambar II.4.	Ilustrasi rumus kemiringan lereng.....	16
Gambar II.5.	Ilustrasi piksel yang diperhitungkan dalam perhitungan nilai kelerengan piksel pada DEM/DTM berformat raster grid.....	17
Gambar II.6.	Ilustrasi proses perhitungan kluster pada perangkat lunak <i>arcMap</i>	18
Gambar II.7.	Prinsip kerja sensor LiDAR	19
Gambar II.8.	Komponen Sensor LiDAR	20
Gambar II.9.	Sensor LiDAR yang dapat memantulkan lebih dari 1 pantulan.....	22
Gambar II.10.	Prinsip <i>scanning</i> sensor laser.	23
Gambar II.11.	Komponen Sensor LiDAR	24
Gambar II.12.	Komponen sensor kamera digital D-8900	25
Gambar II.13.	Ilustrasi fungsi GPS untuk akuisisi data LiDAR	27
Gambar II.14.	Deviasi spasial pada pengukuran GPS LiDAR.....	27
Gambar II.15.	Deviasi temporal GPS, INS, dan <i>Laser Scanner</i>	28
Gambar II.16.	<i>Inertial Navigation System</i>	28
Gambar II.17.	<i>Operator Display</i>	29
Gambar II.18.	<i>Pilot Display</i>	30
Gambar II.19.	Pesawat <i>Cessna</i> yang digunakan dalam akuisisi data LiDAR	30
Gambar II.20	Rangkaian komponen LiDAR di pesawat.....	31
Gambar II.21.	Diagram alir pelaksanaan survey LiDAR	31
Gambar II.22.	Bagan pengolahan data <i>airborne</i> LiDAR	33

Gambar II.23.	Contoh tampilan DTM acak.....	37
Gambar II.24.	Contoh tampilan DTM kontur.....	37
Gambar II.25.	Contoh tampilan DTM grid.....	38
Gambar II.26.	Contoh tampilan DTM <i>rectangular</i>	38
Gambar II.27.	Contoh tampilan (peta) garis-garis kontur	39
Gambar II.28.	Contoh DTM dalam bentuk raster grid	39
Gambar II.29.	Contoh tampilan struktur umum DTM dalam bentuk TIN	40
Gambar II.30.	Diagram distribusi normal ketelitian DEM.....	41
Gambar II.31.	Geometri SAR.....	46
Gambar II.32.	Data SRTM	48
Gambar II.33.	Proses subsampling data SRTM sampel 1 detik menjadi sampel 3 sampel detik	49
Gambar II.34.	Foto satelit Terra	51
Gambar II.35.	Instrumen dari sensor VNIR ASTER.....	53
Gambar II.36.	Perbedaan penampakan ASTER GDEM versi 1 dengan versi 2	55
Gambar II.37.	Hubungan antar titik dengan jarak yang berbeda-beda untuk pembobotan pada interpolasi kriging	59
Gambar II.38.	Proses interpolasi kriging dengan semivariogram	60
Gambar II.39.	Kotak dialog <i>output grid of kriging standard deviations</i>	61
Gambar II.40.	Tabel nilai kritis uji <i>kolmogorov smiornov</i>	64
Gambar II.41.	Tabel distribusi t.....	67
Gambar II.42.	Tabel <i>Wilconox</i>	68
Gambar III.1.	Data kumpulan <i>point cloud ground</i> LiDAR	71
Gambar III.2.	Data DEM SRTM 25m zona 54 UTM.....	71
Gambar III.3	Data DEM ASTER GDEM versi 2	72
Gambar III.4.	Peta RBI digital lembar 3308-32	72
Gambar III.5.	Diagram Alir Pengolahan Data	73
Gambar III.6.	Pengaturan <i>Contour Generation Option</i>	75
Gambar III.7.	Kontur (a) LiDAR (b) SRTM (c) ASTER	75

Gambar III.8. Pengaturan <i>Grid Data</i>	76
Gambar III.9. Pengaturan Metode Interpolasi <i>Kriging</i>	76
Gambar III.10. Tampilan <i>gridding report</i> data LiDAR.....	77
Gambar III.11. Tampilan permukaan (a) DTM LiDAR yang telah di- <i>grid</i> (b) <i>Height Error Map</i> LiDAR.....	77
Gambar III.12. Tampilan <i>gridding report</i> data SRTM.....	78
Gambar III.13. Tampilan permukaan (a) SRTM yang telah di- <i>grid</i> (b) <i>Height Error Map</i> SRTM.	78
Gambar III.14. Tampilan <i>gridding report</i> data ASTER.....	79
Gambar III.15. Tampilan permukaan (a) ASTER yang telah di- <i>grid</i> (b) <i>Height Error Map</i> ASTER.....	79
Gambar III.16. Tampilan <i>Create Point</i> dari data DEM	80
Gambar III.17. Tampilan menu pengaturan ekspor menjadi <i>Shapefile</i>	81
Gambar III.18. Tampilan <i>Create TIN</i>	82
Gambar III.19. TIN data (a) LiDAR (b) SRTM (c) ASTER	82
Gambar III.20. Tampilan Konversi <i>TIN to Raster</i>	83
Gambar III.21. Raster grid data (a) LiDAR (b) SRTM (c) ASTER	83
Gambar III.22. Tampilan menu <i>Slope</i>	84
Gambar III.23. Tampilan menu <i>Reclassify</i>	84
Gambar III.24. Tampilan menu <i>Classification</i> data kelerengan	85
Gambar III.25. Kelerengan hasil klasifikasi data (a) LiDAR (b) SRTM (c) ASTER.....	85
Gambar III.26. Tampilan menu <i>Focal statistics</i>	86
Gambar III.27. Tampilan menu <i>Classification</i> pada klasifikasi hasil klustering.....	86
Gambar III.28. Kelerengan hasil klustering data (a) LiDAR (b) SRTM (c) ASTER	87
Gambar III.29. Tampilan pengaturan pada kotak dialog <i>Create New</i> <i>Shapefile</i>	87

Gambar III.30. Proses digitasi hasil klasifikasi kelerengan menggunakan <i>polyline</i>	88
Gambar III.31. Tampilan menu <i>Smooth Line</i>	88
Gambar III.32. Tampilan <i>polyline</i> (a) sebelum diperhalus (b) sesudah diperhalus	89
Gambar III.33. Tampilan <i>Feature to Polygon</i>	89
Gambar III.34. Tampilan poligon tanpa atribut	89
Gambar III.35. Tampilan menu <i>Add Field</i> penambahan atribut (a) jenis lereng dan (b) luas poligon lereng.....	90
Gambar III.36. Tampilan <i>Attribute table</i> pada <i>Arcmap</i>	90
Gambar III.37. Tampilan menu <i>Eliminate Polygon Part</i>	91
Gambar III.38. Peta dan atribut kelerengan data LiDAR	92
Gambar III.39. Peta dan atribut kelerengan data SRTM	92
Gambar III.40. Peta dan atribut kelerengan data ASTER	92
Gambar IV.1. DEM/DTM hasil interpolasi (<i>gridding</i>) menggunakan perangkat lunak <i>Surfer</i> (a) LiDAR (b) SRTM (c) ASTER..	93
Gambar IV.2. <i>Height Error Map</i> (HEM) hasil interpolasi menggunakan perangkat lunak <i>Surfer</i> (a) LiDAR (b) SRTM (c) ASTER..	94
Gambar IV.3. Penampakan permukaan data (a) RBI (b) LiDAR (c) SRTM (d) ASTER	95
Gambar IV.4. Posisi persebaran titik sampel ketinggian	96
Gambar IV.5. Grafik regresi linear elevasi DEM/DTM terhadap elevasi peta RBI	98
Gambar IV.6. Garis sampel penampang melintang dari A ke B.....	99
Gambar IV.7. Penampang melintang DTM LiDAR	100
Gambar IV.8. Penampang melintang DEM SRTM	100
Gambar IV.9. Penampang melintang DEM ASTER	100
Gambar IV.10. Persebaran sampel luas jenis kelerengan	102
Gambar IV.11. Grafik perbandingan hasil klasifikasi kelerengan antar DEM/DTM.....	103

Gambar IV.12. Persebaran sampel untuk perhitungan nilai kelerengan secara manual.....	106
Gambar IV.13. Grafik luas area kesesuaian tanam berdasarkan DTM/DEM.....	108
Gambar IV.14. Grafik persamaan jenis klasifikasi area sesuai tanam DEM SRTM dan ASTER terhadap LiDAR	109

DAFTAR TABEL

Tabel II.1.	Hasil analisis kesesuaian lahan untuk tanaman tebu	10
Tabel II.2.	Kesesuaian lahan tebu menurut departemen pertanian.....	12
Tabel II.3.	<i>Standard Operating Procedures</i> pengolahan data untuk pemetaan kemiringan lereng BIG nomor 03.01.11.02 tahun 2012	13
Tabel II.4.	Klasifikasi kelas kemiringan lereng	17
Tabel II.5.	Spesifikasi laser scanner LiDAR.....	21
Tabel II.6.	Spesifikasi ALTM 3100 EA	24
Tabel II.7.	Spesifikasi sensor kamera digital D-8900	25
Tabel II.8.	Ketelitian data yang dihasilkan INS	29
Tabel II.9.	Spesifikasi sensor SRTM	46
Tabel II.10.	Spesifikasi data SRTM	50
Tabel II.11.	Karakteristik sistem sensor ASTER	51
Tabel II.12.	Karakteristik subsistem sensor ASTER.....	52
Tabel II.13.	Spesifikasi ASTER GDEM versi 2	55
Tabel II.14.	Perbedaan ketelitian ASTER GDEM versi 1 dengan versi 2 ...	55
Tabel II.15.	Format data DEM ASTER GDEM.....	56
Tabel II.16.	Tingkat korelasi menurut Jonathan Sarwono	64
Tabel II.17.	Peraturan BIG, nomor 14 tahun 2013.....	69
Tabel IV.1.	Standar deviasi kerapatan DEM/DTM yang terdapat dalam <i>gridding report</i>	94
Tabel IV.2.	Selisih ketinggian antara DEM/DTM terhadap BM di lapangan.....	96
Tabel IV.3.	Selisih ketinggian antara DEM/DTM terhadap RBI	96
Tabel IV.4.	Nilai korelasi elevasi DEM/DTM terhadap RBI	98
Tabel IV.5.	Hasil rekapitulasi luas jenis kelerengan data LiDAR	102
Tabel IV.6.	Hasil rekapitulasi luas jenis kelerengan data SRTM	102

Tabel IV.7. Hasil rekapitulasi luas jenis kelerengan data ASTER	103
Tabel IV.8. Hasil uji korelasi dan signifikansi luas jenis kelerengan LiDAR dan SRTM	104
Tabel IV.9. Hasil uji korelasi dan signifikansi luas jenis kelerengan LiDAR dan ASTER.....	104
Tabel IV.10. Perbandingan hasil perhitungan persentase kelerengan manual	106
Tabel IV.11. Rekapitulasi luas area sesuai tanam berdasarkan DTM/DEM .	108
Tabel IV.12. Persamaan jenis klasifikasi area sesuai tanam DEM SRTM, dan ASTER terhadap LiDAR	108
Tabel IV.13. Kesesuaian skala peta berdasarkan ketelitian horizontal dan vertikal DEM menurut peraturan BIG nomor 14 tahun 2013 ..	109

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Asistensi	114
Lampiran 2. Data Koordinat Titik Kontrol Pengukuran LiDAR.....	115
Lampiran 3. Data Koordinat Batas Sampel Luas Kelerengan.....	116
Lampiran 4. Data Luas Sampel LiDAR	117
Lampiran 5. Data Luas Sampel SRTM	118
Lampiran 6. Data Luas Sampel ASTER.....	119
Lampiran 7. Dat Luas Poligon Kesesuaian Lahan Tanam Tebu	120
Lampiran 8. Tabel Perhitungan Manual Sampel Kelerengan Dari Elevasi.	121
Lampiran 9. Foto Udara dan Peta Garis Lokasi Penelitian	122
Lampiran 10. Peta Kelerengan Lahan Pertanian Tebu dari Data ASTER.....	123
Lampiran 11. Peta Kesesuaian Lahan Pertanian Tebu Berdasarkan Kelerengan dari Data ASTER.....	124
Lampiran 12. Peta Kelerengan Lahan Pertanian Tebu dari Data SRTM	125
Lampiran 13. Peta Kesesuaian Lahan Pertanian Tebu Berdasarkan Kelerengan dari Data SRTM.....	126
Lampiran 14. Peta Kelerengan Lahan Pertanian Tebu dari Data LiDAR	127
Lampiran 15. Peta Kesesuaian Lahan Pertanian Tebu Berdasarkan Kelerengan dari Data LiDAR	128