



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS AKURASI DEM DAN FOTO TEGAK HASIL  
PEMOTRETAN DENGAN PESAWAT NIR AWAK DJI PHANTOM 4  
(STUDI KASUS : BUKIT PERUMAHAN  
PERMATA HIJAU TEMBALANG SEMARANG)**

**TUGAS AKHIR**

**DITO SENO AJI  
21110114120029**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI**

**SEMARANG  
APRIL 2019**



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS AKURASI DEM DAN FOTO TEGAK HASIL  
PEMOTRETAN DENGAN PESAWAT NIR AWAK DJI PHANTOM 4  
(STUDI KASUS : BUKIT PERUMAHAN  
PERMATA HIJAU TEMBALANG SEMARANG)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (Strata – 1)**

**DITO SENO AJI  
21110114120029**

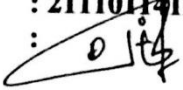
**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI**

**SEMARANG  
APRIL 2019**

**HALAMAN PERNYATAAN**

**HALAMAN PERNYATAAN**

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip  
maupun dirujuk  
Telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : DITO SENO AJI**  
**NIM : 21110114120029**  
**Tanda Tangan :**   
**Tanggal : 4 Maret 2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

### HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
NAMA : DITO SENO AJI  
NIM : 21110114120029  
Departemen : TEKNIK GEODESI  
Judul Skripsi :

**ANALISIS AKURASI DEM DAN FOTO TEGAK HASIL PEMOTRETAN  
DENGAN PESAWAT NIR AWAK DJI PHANTOM 4 (STUDI KASUS :  
BUKIT PERUMAHAN PERMATA HIJAU TEBALANG SEMARANG)**

***ANALYSIS ACCURACY OF DEM AND ORTHOPHOTO OF UNMANNED  
AERIAL VEHICLE DJI PHANTOM 4 AERIAL PHOTOGRAPH (CASE  
STUDY : BUKIT PERUMAHAN PERMATA HIJAU TEBALANG  
SEMARANG)***

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian  
persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana/ S1 pada Departemen  
Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

#### TIM PEMBIMBING

Pembimbing 1 : DR. L. M. Sabri, ST., MT.  
Pembimbing 2 : DR. Yudo Prasetyo, ST., MT.



Semarang, 4 Maret 2019

Departemen Teknik Geodesi  
Ketua



**DR. Yudo Prasetyo, ST., MT.**  
**NIP : 197904232006041001**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

**“Tetapi aku, aku suka dekat pada Allah; aku menaruh tempat perlindunganku pada Tuhan ALLAH, supaya dapat menceritakan segala pekerjaan-Nya”  
(Mazmur 73 : 28)**

**Karna hanya dari Dia kita hidup,  
karna hanya untuk Dia kita hidup  
dan karna hanya bagi Dia kita hidup.**

---

**Tugas akhir ini saya persembahkan untuk semua orang yang telah men-suport saya dalam segala hal, baik dalam suasana suka maupun duka, untuk mereka yang telah mengajarkan saya tentang apa arti dan tujuan kehidupan.**

**Sebuah proses yang rumit untuk sebuah hasil yang sederhana dalam penyusunan tugas akhir ini menggambarkan perjalanan hidup yang bagi banyak orang sangat rumit untuk digambarkan hanya untuk menuju sebuah tujuan yang sederhana.**

**“Kemuliaan Bagi Nama-Nya.”**

---

**-----Sebab ada tertulis “manusia seturut gambar dan rupa Allah”-----**

**Hiduplah menurut perintah-Nya.**

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa, akhirnya Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, meskipun proses belajar sesungguhnya tak akan pernah berhenti. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan tugas akhir ini bukanlah sebuah kerja individual dan sangat membutuhkan bantuan dari banyak pihak. Dengan segala kerendahan hati, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak DR. Yudo Prasetyo, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
2. Bapak DR. L. M. Sabri, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak DR. Yudo Prasetyo, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Seluruh Dosen Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan saran selama proses perkuliahan serta selama pembuatan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Staff Tata Usaha Teknik Geodesi Universitas Diponegoro yang telah banyak membantu dalam urusan bidang administrasi selama proses perkuliahan serta selama pembuatan Tugas Akhir ini.
6. Kedua orang tua tercinta Bapak Bambang Haryanto dan Ibu Bernadeta Enny Sugiyanti yang telah memberikan doa, semangat, motivasi, dan kasih sayang kepada saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
7. Kedua kakak saya tercinta Zepy Paramita Wulandari dan Yosua Grigo Pramusinta yang telah memberikan doa, semangat, motivasi, dan kasih sayang kepada saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
8. Om Dedyk Suwanto dan Bulik Andi Kurniawati yang selalu mengarahkan dan memberikan nasihat-nasihat agar selalu semangat dan hidup sesuai perintah Tuhan.
9. Sahabat sejati saya M. Malik Yusuf yang selalu setia menemani dan membantu saya dalam keadaan suka maupun duka.
10. Seluruh teman-teman Grup Sambatan Angga, Argnes, Bagas, Dony, Ghazian, Jauhari, Jorgie, Lukman, Nori, Ory, Alfi, Joko, Wikan, Yudit, Krisna yang telah sangat banyak membantu saya dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini.

11. Seluruh sahabat saya Grup Mentoring dan PK Sekolah Adri, Ahoy, Anis, Billy, David, Tanjung, Heru, Jackie, Kevin, Adi, Rizki, Oki, Patuan, Ryan, SupJay, Veri, Victor yang menemani saya selama masa studi perkuliahan.

12. Seluruh teman-teman Kontrakan Maniak dan KM Tembus Mas Reva, Jimmy, Sahlan, Apem, Iqbal, Hima, Wanto, Obik, Oman, Fahrul, Iip, Edo, Alven, Temu, Arifil, Bacil, Dandy, Fino, Ega, Pakde yang telah membantu saya dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini dan membantu saya selama masa studi perkuliahan di Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.

Akhirnya, Penulis berharap semoga penelitian ini menjadi sumbangsih yang bermanfaat bagi dunia sains dan teknologi di Indonesia, khususnya disiplin keilmuan yang Penulis alami.

Semarang, 4 Maret 2019

Penyusun

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

### HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : DITO SENO AJI  
NIM : 21110114120029  
Departemen : TEKNIK GEODESI  
Fakultas : TEKNIK  
Jenis Karya : SKRIPSI

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

**ANALISIS AKURASI DEM DAN FOTO TEGAK HASIL PEMOTRETAN DENGAN PESAWAT NIR AWAK DJI PHANTOM 4 (STUDI KASUS : BUKIT PERUMAHAN PERMATA HIJAU TEMBALANG SEMARANG)**

*ANALYSIS ACCURACY OF DEM AND ORTHOPHOTO OF UNMANNED AERIAL VEHICLE DJI PHANTOM 4 AERIAL PHOTOGRAPH (CASE STUDY : BUKIT PERUMAHAN PERMATA HIJAU TEMBALANG SEMARANG)*


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 memublikasikan 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 : Semarang, 4 Maret 2019

Yang menyatakan



(Dito Seno Aji)



## ABSTRAK

Pemetaan dan pengukuran tinggi diperlukan dalam perencanaan sebuah proyek pembangunan untuk menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan dalam pelaksanaan proyek pembangunan. Perencanaan sebuah proyek pembangunan tentunya sangat memperhatikan efisiensi waktu, tenaga dan biaya agar seluruh pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar, berhasil dan sesuai rencana. Perkembangan dalam dunia teknologi juga sangat berpengaruh pada dunia survei dan pemetaan. Teknologi harus dimanfaatkan untuk membantu pekerjaan manusia agar mendapatkan hasil yang maksimal. Salah satu contoh perkembangan teknologi pemetaan adalah digunakannya *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) untuk kegiatan survei dan pemetaan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstraksi DEM dan foto tegak hasil pemotretan udara dengan UAV DJI PHANTOM 4. Proses ekstraksi DEM dan foto tegak dibagi menjadi 3 metode pengolahan yaitu pengolahan dengan densitas *point cloud low, medium* dan *high*. Hasil pengolahan foto udara dari ketiga metode ini dibandingkan dengan hasil pengukuran lapangan, kemudian dihitung signifikansi perbandingan dari ketiga metode tersebut menggunakan uji F.

Berdasarkan perhitungan CE90 dan LE90 menurut Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 produk peta yang dihasilkan masuk dalam skala 1:1.000 kelas 3. Hasil perhitungan selisih jarak antara ukuran objek pada foto tegak hasil ekstraksi dengan pengukuran lapangan standar deviasi densitas *low* 0,0546, <sup>densitas</sup> *medium* 0,0183 dan densitas *high* 0,008. Hasil perhitungan selisih tinggi antara titik uji pada DEM hasil ekstraksi dengan pengukuran lapangan standar deviasi densitas *low* 0,563, densitas *medium* 0,380 dan densitas *high* 0,367.

**Kata Kunci:** DEM, Densitas *Point Cloud*, DJI PHANTOM 4, Foto Tegak, UAV.

## **ABSTRACT**

*Mapping and elevation measurement is needed in planning a development project to be taken into consideration in policy making in the implementation of development projects. Planning a development project is of course very concerned about the efficiency of time, energy and costs so that the entire implementation of the work can run smoothly, successfully and according to plan. Developments in the world of technology are also very influential in the world of surveys and mapping. Technology must be used to help human work to get maximum results. One example of the development of mapping technology is the use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for survey and mapping activities. The method used in this study is the extraction of DEM and orthophoto results of aerial photography with DJI PHANTOM 4. UAV The extraction process of DEM and orthophoto is divided into 3 processing methods, namely processing with low, medium and high point cloud density. The results of aerial photo processing from these three methods are compared with the results of field measurements, then the significance of the comparisons of the three methods are calculated using the F test. Based on the calculations of CE90 and LE90 according to Head of BIG Regulation No. 15 of 2014 the map products produced are on a scale of 1: 1.000 class 3. The calculation results of the difference in distance between orthophoto object sizes extracted with a standard deviation field measurement of low density 0.0546, medium density 0, 0183 and density high 0.008. The results of the calculation of the high difference between the test points on the DEM extracted with a standard deviation field measurement density low 0.563, medium density 0.380 and high density 0.367.*

**Keywords:** *DEM, DJI PHANTOM 4, Orthophoto, Point Cloud Density, UAV.*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	viii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xx
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	I-1
I.1 Latar Belakang .....	I-1
I.2 Rumusan Masalah .....	I-2
I.3 Batasan Masalah .....	I-2
I.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	I-3
I.4.1 Tujuan Penelitian .....	I-3
I.4.2 Manfaat Penelitian .....	I-3
I.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	I-4
I.5.1 Wilayah Penelitian .....	I-4
I.5.2 Alat dan Data Penelitian.....	I-4
I.6 Metodologi Penelitian .....	I-5
I.7 Sistematika Penulisan Tugas Akhir .....	I-6
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	II-1
II.1 Kajian Penelitian Terdahulu .....	II-1
II.2 Kondisi Umum Wilayah Penelitian .....	II-2
II.3 Fotogrametri.....	II-3
II.3.1 Foto Udara Tegak.....	II-4
II.3.2 Kemiringan Lereng / <i>Slope</i> .....	II-4
II.3.3 Kesalahan Foto Udara .....	II-6
II.3.4 GCP ( <i>Ground Control Point</i> ) dan ICP ( <i>Independent Control Point</i> ) ...	II-7

II.3.5	Restitusi Foto Udara.....	II-8
II.3.5.1	Orientasi Dalam.....	II-8
II.3.5.2	Orientasi Relatif.....	II-8
II.3.5.3	Orientasi Absolut.....	II-9
II.3.6	Triangulasi Udara.....	II-9
II.3.7	Pencocokan <i>Point Cloud (Point Cloud Matching)</i> .....	II-10
II.3.7.1	Pencocokan Berbasis Fitur (PBF) .....	II-10
II.3.7.2	Pencocokan Berbasis Fitur (PBA).....	II-11
II.3.8	Orthorektifikasi .....	II-11
II.3.9	Ketelitian Foto Udara.....	II-13
II.3.10	<i>Unmanned Aerial Vehicle (UAV)</i> .....	II-15
II.3.11	DJI Phantom 4.....	II-16
II.3.12	<i>Digital Elevation Model (DEM)</i> .....	II-17
II.4	<i>Global Navigation Satellite System (GNSS)</i> .....	II-17
II.5	Pengukuran <i>Total Station</i> dan <i>Waterpass</i> .....	II-20
II.5.1	<i>Total Station</i> .....	II-20
II.5.2	<i>Waterpass</i> .....	II-21
II.5.3	Metode Pengukuran Beda Tinggi.....	II-22
II.5.3.1	Metode Sipat Datar.....	II-23
II.5.3.2	Metode <i>Trigonometris / Tachimetri</i> .....	II-23
II.5.4	Sistem Tinggi Geodesi .....	II-24
II.5.5	EGM 2008.....	II-24
II.5.6	Profil Pengukuran Beda Tinggi.....	II-25
II.5.6.1	Penampang Memanjang .....	II-25
II.5.6.2	Penampang Melintang .....	II-25
II.5.7	Ketelitian Pengukuran Beda Tinggi .....	II-26
II.6	Uji Statistik .....	II-27
II.6.1	Uji F (Distribusi <i>Fischer</i> ).....	II-27
<b>BAB III.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>III-1</b>
III.1	Tahapan Penelitian.....	III-1
III.1.1	Tahapan Persiapan .....	III-1
III.1.2	Tahapan Akuisisi Data .....	III-1
III.1.3	Tahapan Pengolahan .....	III-2

III.1.4 Tahapan Analisis .....	III-3
III.2 Studi Literatur dan Area.....	III-3
III.3 Metodologi Pengukuran GNSS.....	III-4
III.3.1 Pemasangan <i>Premark</i> .....	III-4
III.3.2 Pengukuran GNSS .....	III-5
III.3.3 Pengolahan Data GNSS .....	III-7
III.3.3.1 Pengolahan Titik Kontrol .....	III-7
III.3.3.2 <i>Quality Control</i> pada <i>Base Station</i> .....	III-13
III.3.3.3 Pengolahan data GNSS Titik GCP dan ICP .....	III-15
III.4 Metodologi Pemotretan Udara .....	III-21
III.4.1 Perencanaan GCP, ICP dan Jalur Terbang.....	III-21
III.4.2 Pembuatan Rencana Terbang .....	III-21
III.4.3 Pemotretan Udara.....	III-22
III.4.4 Pengolahan Foto Udara UAV .....	III-25
III.4.4.1 Pembentukan Foto Tegak.....	III-26
III.4.4.2 Pembentukan DEM .....	III-35
III.5 Metodologi Pengukuran <i>Total Station</i> dan <i>Waterpass</i> .....	III-36
III.5.1 Pemasangan Patok Titik Uji.....	III-36
III.5.2 Pengukuran <i>Total Station</i> dan Pengukuran <i>Waterpass</i> .....	III-37
III.5.3 Pengolahan Data <i>Total Station</i> dan <i>Waterpass</i> .....	III-39
III.5.3.1 Pengolahan Data <i>Total Station</i> .....	III-39
III.5.3.2 Pengolahan Data <i>Waterpass</i> .....	III-41
III.6 Penyamaan Sistem Tinggi.....	III-42
III.6.1 Transformasi Sistem Tinggi .....	III-42
III.6.2 Pembuatan <i>Slope</i> .....	III-49
III.7 Perbandingan Tinggi Titik Uji .....	III-54
III.8 Perbandingan Jarak Objek Orthofoto.....	III-60
III.9 Uji F .....	III-63
<b>BAB IV. HASIL DAN ANALISIS</b> .....	<b>IV-1</b>
IV.1 Hasil Pengolahan GNSS .....	IV-1
IV.1.1 Hasil Pengolahan Titik Kontrol .....	IV-1
IV.1.2 Hasil Pengolahan Titik GCP dan ICP .....	IV-2
IV.2 Hasil Pengolahan <i>Total Station</i> dan <i>Waterpass</i> .....	IV-4

IV.2.1 Hasil Pengolahan <i>Total Station</i> .....	IV-4
IV.2.2 Hasil Pengolahan <i>Waterpass</i> .....	IV-5
IV.2.3 Hasil Koordinat dan Beda Tinggi Tinggi Titik Uji .....	IV-6
IV.3 Hasil Akusisi Foto Udara .....	IV-7
IV.4 Hasil Pengolahan Foto Udara .....	IV-8
IV.4.1 Hasil Proses Triangulasi Udara .....	IV-8
IV.4.2 Hasil Pembentukan Orthofoto .....	IV-9
IV.4.3 Hasil Pembentukan DEM .....	IV-10
IV.5 Hasil dan Analisis Uji Ketelitian Orthofoto dan Uji Akurasi DEM .....	IV-12
IV.5.1 Hasil dan Analisis Uji Ketelitian Produk Peta Orthofoto .....	IV-12
IV.5.2 Hasil dan Analisis Perbandingan Jarak Orthofoto .....	IV-14
IV.5.3 Hasil dan Analisis Perbandingan Tinggi DEM .....	IV-15
IV.5.4 Uji F Perbandingan Jarak .....	IV-15
IV.5.5 Uji F Perbandingan Tinggi .....	IV-16
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	V-1
V.1 Kesimpulan .....	V-1
V.2 Saran .....	V-2
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	xxii
<b>LAMPIRAN</b> .....	L-1
LAMPIRAN I. LEMBAR ASISTENSI .....	L-1
LAMPIRAN II. PERHITUNGAN GNSS .....	L-1
LAMPIRAN III. DOKUMENTASI ORIENTASI ARAH PENGUKURAN GNSS .....	L-7
LAMPIRAN IV. PERHITUNGAN TOTAL STATION DAN WATERPASS .....	L-22
LAMPIRAN V. PENGOLAHAN FOTO UDARA .....	L-33
LAMPIRAN VI. PERHITUNGAN UJI F .....	L-58
LAMPIRAN VII. DOKUMENTASI .....	L-61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I-1 Rencana Titik GCP dan ICP .....	I-5
Gambar I-2 Diagram Alir Penelitian .....	I-8
Gambar II-1 Kondisi Topografi Lokasi Penelitian.....	II-2
Gambar II-2 Kondisi Geografi Lokasi Penelitian.....	II-3
Gambar II-3 Orientasi pada 3 Jenis Foto Udara .....	II-4
Gambar II-4 Petak Bujur Sangkar Tergambar Menurut Orientasi Kamera.....	II-4
Gambar II-5 Kenampakan 2DFoto Udara Tegak di Atas Medan Datar.....	II-5
Gambar II-6 Kenampakan 2DFoto Udara Tegak di Atas Medan Kasar .....	II-5
Gambar II-7 Kesalahan Foto Udara.....	II-7
Gambar II-8 Orientasi Dalam.....	II-8
Gambar II-9 Orientasi Relatif dan Orientasi Absolut.....	II-9
Gambar II-10 Ilustrasi Persebaran GCP dan ICP .....	II-10
Gambar II-11 Proyeksi Perspektif dan Proyeksi Orthogonal .....	II-12
Gambar II-12 Konsep Foto Udara Vertikal.....	II-13
Gambar II-13 DJI Phantom 4 .....	II-16
Gambar II-14 Sistem Penentuan Posisi GNSS .....	II-18
Gambar II-15 Bagian - Bagian <i>Total Station</i> .....	II-20
Gambar II-16 <i>Waterpass</i> .....	II-21
Gambar II-17 Konsep Metode Sipat Datar.....	II-23
Gambar II-18 Konsep Metode <i>Trigonometris</i> .....	II-23
Gambar II-19 Pengukuran Penampang Memanjang .....	II-25
Gambar II-20 Pengukuran Penampang Melintang .....	II-26
Gambar III-1 Diagram Alir Tahapan Persiapan .....	III-1
Gambar III-2 Diagram Alir Tahapan Akuisisi Data.....	III-2
Gambar III-3 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Data.....	III-2
Gambar III-4 Diagram Alir Tahapan Analisis.....	III-3
Gambar III-5 Area Penelitian .....	III-3
Gambar III-6 Model <i>Premark</i> .....	III-4
Gambar III-7 <i>Premark GCP</i> .....	III-4
Gambar III-8 <i>Premark ICP</i> .....	III-5
Gambar III-9 Diagram Alir Pengukuran GNSS .....	III-5
Gambar III-10 Pengukuran GNSS pada Titik GCP dan ICP .....	III-6

Gambar III-11 Lokasi Sebaran Titik Pengukuran GNSS .....	III-7
Gambar III-12 Tampilan <i>Icon</i> Topcon Tools .....	III-8
Gambar III-13 Tampilan <i>Create a New Job</i> .....	III-8
Gambar III-14 Tampilan <i>Job Configuration Display</i> .....	III-8
Gambar III-15 Tampilan <i>Job Configuration Coordinate System</i> .....	III-9
Gambar III-16 Tampilan <i>Job Configuration Adjustment</i> .....	III-9
Gambar III-17 Tampilan <i>Job Configuration Quality Control</i> .....	III-10
Gambar III-18 Tampilan <i>Toolbox Import</i> .....	III-10
Gambar III-19 Tampilan <i>Baseline</i> Data Pengamatan .....	III-11
Gambar III-20 Tampilan <i>GPS Occupations</i> .....	III-11
Gambar III-21 Tampilan <i>Jendela Properties</i> .....	III-11
Gambar III-22 Tampilan <i>Jendela</i> Pengisian Koordinat Benar .....	III-12
Gambar III-23 Tampilan <i>Baseline</i> Data Pengamatan dan <i>Base Metode Radial</i> .....	III-12
Gambar III-24 Hasil <i>Post Processing</i> .....	III-12
Gambar III-25 Perintah <i>Compute Coordinate</i> .....	III-13
Gambar III-26 Tampilan <i>Jendela</i> Proses <i>Compute Coordinate</i> .....	III-13
Gambar III-27 Tampilan Awal <i>Command Prompt</i> .....	III-13
Gambar III-28 <i>Command</i> untuk Menghubungkan ke <i>Folder Data</i> .....	III-14
Gambar III-29 <i>Syntax</i> untuk Proses <i>Quality Control</i> .....	III-14
Gambar III-30 Proses <i>Quality Control</i> .....	III-14
Gambar III-31 Tampilan Hasil <i>Quality Control</i> .....	III-15
Gambar III-32 Tampilan <i>Toolbox Import</i> .....	III-16
Gambar III-33 Tampilan <i>Baseline</i> Data Pengamatan .....	III-16
Gambar III-34 Tampilan <i>GPS Occupations</i> .....	III-17
Gambar III-35 Tampilan <i>Jendela Properties</i> .....	III-17
Gambar III-36 Tampilan <i>Jendela</i> Pengisian Koordinat Benar .....	III-17
Gambar III-37 Tampilan <i>Baseline</i> Data Pengamatan dan <i>Base Metode Radial</i> .....	III-18
Gambar III-38 Hasil <i>Post Processing</i> .....	III-18
Gambar III-39 Hasil Proses <i>Adjustment</i> .....	III-19
Gambar III-40 <i>Occupation View</i> .....	III-19
Gambar III-41 Tampilan <i>Occupation View</i> .....	III-19
Gambar III-42 Tampilan <i>Occupation View</i> untuk Dikoreksi .....	III-20
Gambar III-43 Tampilan <i>Occupation View</i> untuk Menghilangkan Titik .....	III-20



Gambar III-44 Standar Deviasi Metode <i>Radial</i> .....	III-20
Gambar III-45 Tampilan <i>Toolbar</i> Proses <i>Compute Coordinate</i> .....	III-21
Gambar III-46 Persebaran Titik GCP dan ICP .....	III-21
Gambar III-47 Diagram Alir Akuisisi Foto Udara .....	III-23
Gambar III-48 Persiapan Komponen UAV .....	III-23
Gambar III-49 Kalibrasi Kompas Secara Horizontal .....	III-24
Gambar III-50 Kalibrasi Kompas Secara Vertikal .....	III-24
Gambar III-51 Kalibrasi <i>Gymbal</i> dengan Meletakkan UAV pada Tempat Datar .....	III-24
Gambar III-52 Foto Hasil Pemotretan Udara Jalur Terbang 1 .....	III-25
Gambar III-53 Foto Hasil Pemotretan Udara Jalur Terbang 2 .....	III-25
Gambar III-54 Diagram Alir Pembentukan Orthofoto .....	III-26
Gambar III-55 Penyusunan Posisi Menurut Koordinat Foto.....	III-27
Gambar III-56 Proses <i>Align Photos</i> .....	III-27
Gambar III-57 Hasil <i>Align Photos</i> .....	III-28
Gambar III-58 <i>Import</i> Koordinat Titik GCP dan ICP .....	III-29
Gambar III-59 Proses <i>Marking</i> .....	III-29
Gambar III-60 Proses <i>Optimize Cameras</i> .....	III-30
Gambar III-61 Pembentukan <i>Dense Cloud</i> .....	III-31
Gambar III-62 Model <i>Mesh</i> .....	III-32
Gambar III-63 Pembentukan <i>Mesh</i> untuk Orthofoto.....	III-33
Gambar III-64 Pembentukan Orthofoto .....	III-33
Gambar III-65 Hasil Orthofoto.....	III-34
Gambar III-66 Diagram Alir Pembentukan DEM.....	III-35
Gambar III-67 Proses Pembentukan DEM.....	III-35
Gambar III-68 Hasil DEM.....	III-36
Gambar III-69 Patok Titik Uji .....	III-37
Gambar III-70 Persebaran Titik Uji.....	III-37
Gambar III-71 Diagram Alir Pengukuran <i>Total Station</i> dan <i>Waterpass</i> .....	III-38
Gambar III-72 Pengukuran <i>Total Station</i> dan <i>Waterpass</i> .....	III-38
Gambar III-73 Tampilan Kotak Dialog <i>Open</i> .....	III-39
Gambar III-74 Data Hasil Pengukuran.....	III-39
Gambar III-75 Hasil <i>Compute Coordinate</i> .....	III-40
Gambar III-76 Sebaran Titik Uji dan GCP.....	III-40

Gambar III-77 Buka <i>ArcGIS</i> .....	III-43
Gambar III-78 Tampilan Awal <i>ArcGIS</i> .....	III-43
Gambar III-79 Mengatur Sistem Koordinat UTM Datum WGS 84.....	III-44
Gambar III-80 <i>Add Data</i> Geoid EGM 2008 .....	III-44
Gambar III-81 Tampilan EGM 2008.....	III-45
Gambar III-82 <i>Add Data</i> Titik Uji dan Tampilkan XY.....	III-45
Gambar III-83 Pengisian parameter XYZ titik uji.....	III-46
Gambar III-84 Tampilan Titik Uji diatas EGM 2008 .....	III-46
Gambar III-85 Tahap Pencarian Nilai Undulasi Titik Uji.....	III-47
Gambar III-86 <i>Open Attribute Table</i> Titik Uji.....	III-47
Gambar III-87 <i>Export</i> Tabel Nilai Undulasi.....	III-48
Gambar III-88 Grafik Nilai Z ellipsoid dengan Zorthometrik Data <i>Total Station</i> .....	III-48
Gambar III-89 <i>Add Data</i> DEM.....	III-49
Gambar III-90 Tampilan DEM.....	III-49
Gambar III-91 Pengaturan Perintah <i>Slope</i> .....	III-50
Gambar III-92 <i>Input</i> Titik Uji.....	III-50
Gambar III-93 Hasil Proses <i>Slope</i> .....	III-50
Gambar III-94 Tampilan Titik Uji diatas Data <i>Slope</i> DEM .....	III-51
Gambar III-95 <i>Export</i> Data Titik Uji.....	III-51
Gambar III-96 <i>Toolbox Add Surface Information</i> .....	III-52
Gambar III-97 Perintah Pembuatan Nilai <i>Slope</i> Titik Uji. ....	III-52
Gambar III-98 Tampilan Nilai <i>Slope</i> .....	III-52
Gambar III-99 Export Data Tabel menjadi Data Excel.....	III-53
Gambar III-100 Grafik Nilai <i>Slope</i> .....	III-54
Gambar III-101 <i>Add Data</i> DEM.....	III-54
Gambar III-102 Tampilan DEM.....	III-55
Gambar III-103 <i>Add Data</i> Titik Uji dan Tampilkan XY.....	III-55
Gambar III-104 Pengisian Parameter XY Titik Uji.....	III-55
Gambar III-105 Tampilan Titik Uji diatas DEM .....	III-56
Gambar III-106 <i>Export</i> Titik Uji menjadi <i>Shapefile</i> .....	III-56
Gambar III-107 Tahap Pencarian Nilai Ketinggian Titik Uji pada DEM .....	III-57
Gambar III-108 <i>Open Attribute Table</i> Titik Uji.....	III-57
Gambar III-109 <i>Export</i> Tabel Nilai Ketinggian .....	III-57

Gambar III-110 Grafik Nilai Zellipsoid dengan Zorthometrik Data DEM.....	III-58
Gambar III-111 <i>Add Data</i> Orthofoto.....	III-61
Gambar III-112 Tampilan Data Orthofoto .....	III-61
Gambar III-113 Perintah <i>Measure</i> .....	III-61
Gambar III-114 <i>Toolbox Measure</i> .....	III-62
Gambar IV-1 Desain <i>baseline</i> terikat pada CORS UDIP dan GD 16 UNDIP dengan pengolahan <i>radial</i> . .....	IV-1
Gambar IV-2 Grafik Nilai RMS titik GCP dan ICP.....	IV-3
Gambar IV-3 Elevasi dan Tinggi Orthometrik Titik Uji.....	IV-7
Gambar IV-4 Hasil Orthofoto menurut Densitas <i>Point Cloud</i> .....	IV-10
Gambar IV-5 Perbandingan visualisasi <i>benchmark</i> pada foto dan lapangan .....	IV-10
Gambar IV-6 Hasil DEM menurut Densitas <i>Point Cloud</i> .....	IV-11

## DAFTAR TABEL

Tabel I-1 Data Penelitian.....	I-5
Tabel II-1 Tinjauan Penelitian.....	II-1
Tabel II-2 Kelas Kemiringan Relief Topografi / <i>Slope</i> .....	II-5
Tabel II-3 <i>US Soil Survey Manual</i> .....	II-6
Tabel II-4 <i>Universal Soil Loss Equation</i> .....	II-6
Tabel II-5 Panjang Lereng .....	II-6
Tabel II-6 Jumlah Titik Uji Akurasi Berdasarkan Luasan .....	II-10
Tabel II-7 Standar Akurasi untuk Pembentukan Orthofoto.....	II-13
Tabel II-8 Ketelitian Geometri Peta .....	II-13
Tabel II-9 Ketentuan Ketelitian Geometri Peta RBI Berdasarkan Kelas .....	II-14
Tabel II-10 Spesifikasi DJI Phantom 4 .....	II-16
Tabel II-11 Lama Pengamatan GPS .....	II-19
Tabel II-12 Standar Kesalahan Penutup Pergi-Pulang .....	II-26
Tabel II-13 Standar Kesalahan Tinggi.....	II-27
Tabel III-1 Rencana Jalur Terbang.....	III-22
Tabel III-2 Parameter <i>Optimize Cameras</i> .....	III-30
Tabel III-3 Hasil Perhitungan Koordinat dengan <i>Total Station</i> . .....	III-40
Tabel III-4 Topo 01 <i>Waterpass</i> Titik Uji Kring 1 .....	III-41
Tabel III-5 Topo 02 <i>Waterpass</i> Titik Uji.....	III-42
Tabel III-6 Nilai Undulasi pada Titik Uji dan Tinggi Orthometrik <i>Total Station</i> .....	III-48
Tabel III-7 Nilai <i>Slope</i> Titik Uji.....	III-53
Tabel III-8 Nilai Ketinggian Titik Uji pada DEM.....	III-58
Tabel III-9 Uji Akurasi DEM Densitas <i>Point Cloud Low</i> .....	III-58
Tabel III-10 Uji Akurasi DEM Densitas <i>Point Cloud Medium</i> .....	III-59
Tabel III-11 Uji Akurasi DEM Densitas <i>Point Cloud High</i> .....	III-60
Tabel III-12 Perbandingan Jarak Objek di Orthofoto dan di Lapangan .....	III-62
Tabel III-13 Uji F Perbandingan Jarak .....	III-63
Tabel III-14 Uji F Perbandingan Tinggi.....	III-63
Tabel IV-1 Simpangan baku pengolahan titik kontrol UDIP .....	IV-2
Tabel IV-2 Koordinat Definitif Titik GCP dan ICP .....	IV-2
Tabel IV-3 Nilai RMS titik GCP dan ICP.....	IV-2
Tabel IV-4 Koordinat Titik Uji Hasil Pengukuran <i>Total Station</i> .....	IV-4

Tabel IV-5 Beda Tinggi dan Elevasi Titik Uji .....	IV-5
Tabel IV-6 Tinggi Orthometrik Titik Uji .....	IV-5
Tabel IV-7 Koordinat dan Elevasi Titik Uji.....	IV-6
Tabel IV-8 Hasil Akuisisi Foto Udara.....	IV-7
Tabel IV-9 Kelas Standar Akurasi untuk Orthofoto.....	IV-8
Tabel IV-10 Nilai RMSEHorizontal Titik GCP .....	IV-8
Tabel IV-11 Nilai RMSEVertikal Titik GCP .....	IV-8
Tabel IV-12 RMSE Horizontal titik ICP <i>Premark</i> .....	IV-12
Tabel IV-13 RMSE Vertikal titik ICP <i>Premark</i> .....	IV-12
Tabel IV-14 Perhitungan CE90 Titik ICP <i>Premark</i> .....	IV-12
Tabel IV-15 Perhitungan LE90 Titik ICP <i>Premark</i> .....	IV-12
Tabel IV-16 RMSE Horizontal Titik Uji <i>Postmark</i> .....	IV-13
Tabel IV-17 RMSE Vertikal Titik Uji <i>Postmark</i> .....	IV-13
Tabel IV-18 Perhitungan CE90 Titik Uji <i>Postmark</i> .....	IV-14
Tabel IV-19 Perhitungan LE90 Titik Uji <i>Postmark</i> .....	IV-14