



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI HASIL
ORTHOREKTIFIKASI ANTARA DJI PHANTOM 4 DRTK
DENGAN DJI PHANTOM 4**

TUGAS AKHIR

Disusun oleh

M. Lulus Misbah Al Hakim

21110118120016

DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

JANUARI 2023



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI HASIL
ORTHOREKTIFIKASI ANTARA DJI PHANTOM 4 DRTK
DENGAN DJI PHANTOM 4**

TUGAS AKHIR

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

Disusun oleh

M. Lulus Misbah Al Hakim

21110118120016

DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

JANUARI 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan benar

Nama : M. Lulus Misbah Al Hakim

NIM : 21110118120016

Tanda Tangan :



Tanggal : 30 Desember 2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

NAMA : M. Lulus Misbah Al Hakim

NIM : 21110118120016

Jurusan/Program Studi : Teknik Geodesi

Judul Skripsi :

ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI HASIL ORTHOREKTIFIKASI
ANTARA DJI PHANTOM 4 DRTK DENGAN DJI PHANTOM 4

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 PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Yudo Prasetyo, S.T., M.T.



Pembimbing 2 : Dr. Firman Hadi, S.Si., M.T.



Penguji 1 : Muhammad Adnan Yusuf, S.T., M.Eng.



Penguji 2 : Reyhan Azeriansyah, S.T., M.Eng.



Semarang, Desember 2022
Departemen Teknik Geodesi
Fakultas Teknik, Universitas
Diponegoro

Ketua


Dr. Yudo Prasetyo, ST, MT.
NIP. 197904232006041001

HALAMAN PERSEMBAHAN



Skripsi ini peneliti persembahkan untuk:

- ❖ Ya Rabb-ku Allah SWT. Yang telah memberikan nikmat Islam, Iman, Sehat dan beribu-ribu nikmat lainnya...
- ❖ Nabi Muhammad yang telah memberikan cahaya Islam ke muka bumi ini.
- ❖ Ayahanda Alm.Mokhammad Yahya Abidin dan Ibunda Sri Handayani Tercinta yang senantiasa mencurahkan kasih sayangnya dan mengiringi langkahku dengan Do'a.
- ❖ My Older Brother M. Brilian Misbah Al-Hakim and My Older Sister Cita Ka Widuri, All My Sisters Mutiara Nurlaeli and Dea Intan Nur Annisa Thanks for your motivated and your pray.
- ❖ Another Family in my live.
- ❖ Someone who will come in my live.
- ❖ All my friend in Geodesi 2018, in Geodesi UNDIP, in Indonesia.
- ❖ Almamaterku tercinta Universitas Diponegoro.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT Yang Maha Esa, Pencipta dan Pemelihara alam semesta, akhirnya peneliti dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, meskipun proses belajar sesungguhnya tidak akan pernah berhenti. Tugas akhir ini tentunya bukanlah sebuah kerja individual dan akan sulit terlaksana tanpa bantuan banyak pihak, namun dengan penuh kerendahan hati, peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT Yang Maha Pemberi Petunjuk dan Yang Maha Menolong. Tanpa Allah saya tidak mungkin bisa menyelesaikan penelitian ini.
2. Dr. Yudo Prasetyo, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro dan Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan serta arahnya dalam pelaksanaan tugas akhir ini hingga dapat terselesaikan serta merupakan dosen wali yang senantiasa memberikan bimbingan perencanaan studi pada setiap semesternya dan selalu memberikan masukan beserta dukungan moral dalam pelaksanaan proses studi.
3. Dr. Firman Hadi, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta arahnya dalam pelaksanaan tugas akhir ini hingga dapat terselesaikan.
4. Muhammad Adnan Yusuf, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan serta arahnya dalam memperbaiki tugas akhir ini.
5. Reyhan Azeriansyah, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan serta arahnya dalam memperbaiki tugas akhir ini
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
7. Seluruh staf tata usaha Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
8. Kedua orang tua Alm. Bapak Mokhammad Yahya Abidin dan Ibu Sri Handayani serta Kakak M. Brilian Misbah Al Hakim dan Kakak Cita Ka Widuri, Adik Mutiara Nurlaeli dan Adik Dea Intan Nur Annisa yang telah mendukung dalam doa, moral dan materi.

10. Zezen Setiawan, Sujiwo Pandu Wijaya yang telah membantu mengajari terkait *cross section* di dalam penelitian.
11. Maghreza Eka Pardjono yang telah menjadi teman satu kos dan telah memberikan *support* di dalam penelitian.
12. Angkatan 2018 Teknik Geodesi Undip yang telah membantu selama proses perkuliahan membantu survei untuk Tugas Akhir.
13. DIKLAR HMT Geodesi 2019 dan 2021 yang sudah bersama-sama belajar menjalankan organisasi dan menyukseskan program kerja.
14. Seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu kelancaran dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhirnya, penulis berharap agar penelitian ini bisa bermanfaat bagi siapa pun dalam bidang pengetahuan khususnya pada disiplin ilmu geodesi.

Semarang, 23 Desember 2022



M. Lulus Misbah Al Hakim

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : M. Lulus Misbah Al Hakim
NIM : 21110118120016
Departemen/Program Studi : Teknik Geodesi/S1 Teknik Geodesi
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI HASIL ORTHOREKTIFIKASI ANTARA DJI PHANTOM 4 DRTK DENGAN DJI PHANTOM 4

Beserta perangkat yang ada (Jika diperlukan) dengan hak bebas *royalty/Non Eksklusif* ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai peneliti/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Semarang, 23 Desember 2022

Yang menyatakan



M. Lulus Misbah Al Hakim
NIM. 21110118120016

ABSTRAK

Pesatnya pembangunan infrastruktur berskala besar di Indonesia menandakan perlu adanya solusi untuk aplikasi pemetaan cepat dengan hasil yang akurat dengan metode yang efisien dalam segi waktu dan data yang dihasilkan. Salah satu contoh perkembangan teknologi pemetaan dengan munculnya penggunaan kendaraan udara tak berawak (UAV) untuk kegiatan pemetaan. Seiring berkembangnya waktu, UAV sudah dilengkapi modul RTK. Peneliti ingin mengetahui apakah pemetaan dengan menggunakan UAV RTK hasil orthorektifikasi memenuhi standar ketelitian geometri dan planimetrik dari BIG dibandingkan dengan menggunakan UAV non RTK, maka perlu dilakukan pengujian mengenai ketelitian hasil orthorektifikasi antara DJI Phantom 4 DRTK dengan DJI Phantom 4. Penelitian dilakukan pada dua topografi yakni topografi datar dan tidak datar dengan masing-masing alat melakukan akuisisi data sebanyak dua kali di setiap lokasi. Pengujian ketelitian geometri dilakukan dengan berpedoman pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2004. Sedangkan pengujian planimetrik dilakukan dengan membandingkan koordinat titik uji serta jarak dari sampel titik-titik uji antara hasil pengukuran menggunakan UAV RTK dengan hasil pengukuran menggunakan UAV Non RTK dengan validasi dengan pengukuran terestris menggunakan alat *Global Navigation Satellite System* (GNSS) dan *waterpass*. Dari pengujian yang dilakukan, orthofoto yang diperoleh menggunakan UAV DRTK dengan UAV Non RTK di mana menunjukkan UAV DRTK memiliki ketelitian yang akurat dan presisi serta efisien dalam segi waktu dan data yang dihasilkan dengan ditunjukkan oleh hasil RMSE sebesar 0,01729 untuk lokasi Widya Puraya dan 0,01740 untuk lokasi Bukit Senja/Diponegoro namun masih lebih baik DJI Phantom 4 dengan ketelitian sampai milimeter. Kemudian terkait dengan pengaruh topografi, topografi yang datar menunjukkan RMSE yang lebih kecil untuk DJI Phantom 4 DRTK dengan RMSE 0,01740. Pada pengujian terhadap Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014, DJI Phantom 4 DRTK dapat mencapai ketelitian kelas 1 untuk horizontal namun vertikal hanya dapat mencapai ketelitian kelas 2 dengan adanya penambahan titik ikat/GCP. Sedangkan DJI Phantom 4 dapat mencapai ketelitian kelas 1 baik horizontal maupun vertikal. Sehingga UAV DRTK masih dapat menjadi solusi untuk aplikasi pemetaan cepat dengan hasil yang akurat melalui *direct georeference* walaupun masih adanya kekurangan tersebut.

Kata Kunci: Akurasi, DJI Phantom 4, DJI Phantom 4 RTK, Ketelitian Geometri, Ketelitian Planimetrik

ABSTRACT

The rapid development of large-scale infrastructure in Indonesia indicates the need for solutions for fast crack applications with accurate results using methods that are efficient in terms of time and data generated. One example of technological developments is the emergence of the use of unmanned aerial vehicles (UAV) for crisis activities. Over time, UAVs have been equipped with RTK modules. The researcher wanted to find out whether the captured UAV RTK results from orthorectification met the geometric and planimetric accuracy standards of BIG compared to using non-RTK UAVs, so it was necessary to test the accuracy of the orthorectification results between DJI Phantom 4 DRTK and DJI Phantom 4. The research was conducted on two topography, namely topography data and no data with each tool performing data acquisition twice at each location. Testing for geometric accuracy is carried out by referring to Perka BIG Number 15 of 2004. Meanwhile, planimetry testing is carried out by comparing the coordinates of the test points and the distances from the sample test points between the measurement results using RTK UAVs and the measurement results using Non RTK UAVs with validation with terrestrial measurements using Global Navigation Satellite System (GNSS) tool and water pass. From the tests carried out, the orthophotos obtained using the UAV DRTK with Non RTK UAVs show that the UAV DRTK has accurate and precise accuracy and is efficient in terms of time and the resulting data is shown with RMSE results of 0.01729 for the Widya Puraya location and 0, 01740 for the Bukit Senja/Diponegoro location but still better DJI Phantom 4 with an accuracy of up to millimeters. Then related to the influence of topography, flat topography shows a smaller RMSE for the DJI Phantom 4 DRTK with an RMSE of 0.01740. In testing Perka BIG Number 15 of 2014, DRTK DJI Phantom 4 can achieve class 1 accuracy for horizontal but vertical can only achieve class 2 accuracy with the addition of a tie point / GCP. Meanwhile, the DJI Phantom 4 can achieve class 1 accuracy both horizontally and vertically. So that the DRTK UAV can still be a solution for fast earthquake applications with accurate results through direct georeference even though there are still these deficiencies.

Keywords: Accuracy, DJI Phantom 4, DJI Phantom 4 RTK, Geometric Accuracy, Planimetric Accuracy

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
I.4 Batasan Masalah	3
I.5 Metodologi Penelitian.....	4
I.5.1 Diagram Alir Penelitian	5
I.5.2 Alur Kerangka Berpikir.....	5
I.6 Sistematika Penelitian Laporan Penelitian.....	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	10
II.1 Kajian Penelitian Terdahulu	10
II.2 Kajian Wilayah Penelitian	12
II.2.1 Widya Puraya	12
II.2.2 Bukit Senja Diponegoro.....	14
II.3 Fotogrametri.....	15
II.3.1 Fotogrametri Rentang Dekat	15
II.3.2 <i>Structure From Motion</i> (SfM).....	16
II.3.3 Foto Udara Tegak.....	16
II.3.4 Kesalahan Foto Udara	17
II.3.5 Unmanned Aerial Vehicle (UAV)	19

II.3.6	Kalibrasi UAV	22
II.3.7	<i>Ground Control Point</i> dan <i>Independent Check Point</i>	24
II.3.8	Tinggi Terbang Rerata	25
II.4	Macam-Macam Orientasi Foto Udara	26
II.4.1	Orientasi Bagian Dalam	26
II.4.2	Orientasi Relatif	27
II.4.3	Orientasi Absolut	27
II.5	Konsep Orthorektifikasi.....	27
II.5.1	Orientasi Eksternal (EO)	30
II.5.2	Macam-macam Orthofoto	31
II.6	DJI Phantom 4.....	32
II.7	DJI Phantom 4 RTK.....	33
II.8	Global Navigation Satellite System (GNSS).....	34
II.8.1	Pengukuran Tinggi Antena GNSS	39
II.8.2	Perhitungan Geometri Jaring.....	40
II.9	<i>Waterpass</i>	42
II.9.1	Klasifikasi Jaring Kontrol Vertikal (JKV)	43
II.9.2	Ketelitian JKV	44
II.9.3	Metode Perataan <i>Least Square</i>	45
II.10	Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014	47
II.10.1	Uji Ketelitian Geometri.....	47
II.10.2	Uji Akurasi Ketinggian	48
II.10.3	Uji Planimetrik	49
II.11	Uji Statistik	49
II.11.1	Uji Normalitas	49
II.11.2	Uji <i>Paired Sample T-Test</i>	51
II.12	Agisoft Metashape	52
II.13	Drone Deploy	53
II.14	QGIS	54
II.15	REDtoolbox – REDCATCH.....	55
II.16	TEQC	56
II.17	Topcon Tools Versi 8.2.....	56
BAB III.	METODOLOGI PENELITIAN	58
III.1	Tahapan Persiapan	58

III.2 Tahapan Pengumpulan Data	60
III.2.1 Pengukuran GNSS	60
III.2.2 Pengukuran <i>Waterpass</i>	64
III.2.3 Pengukuran Fotogrametri	67
III.3 Tahapan Pengolahan Data	71
III.3.1 Pengolahan Data GNSS	71
III.3.2 Pengolahan Data <i>Waterpass</i>	78
III.3.3 Pengolahan Data Foto Udara	79
III.4 Tahapan Pengujian dan Analisis	90
III.4.1 Uji Ketelitian Produk Peta	90
III.4.2 Analisis	90
III.5 Tahapan Penyajian Data	91
BAB IV. HASIL DAN ANALISIS	92
IV.1 Hasil Penelitian	92
IV.1.1 Hasil Pengolahan Data GNSS	92
IV.1.2 Hasil Pengolahan Data <i>Waterpass</i>	99
IV.1.3 Hasil Pengolahan Data Foto Udara	102
IV.2 Analisis Penelitian	105
IV.2.1 Analisis Hasil GNSS	105
IV.2.2 Analisis Hasil <i>Waterpass</i>	107
IV.2.3 Hasil Orthorektifikasi P4 dan P4RTK dengan 4 GCP dan 1 <i>base station</i>	111
IV.2.4 Perbandingan Ketelitian Hasil Orthorektifikasi P4 dan P4RTK dengan Variasi Jenis Topografi	113
IV.2.5 Validasi Perbandingan Akurasi Orthorektifikasi P4 dan P4RTK pada Hasil Pengukuran Terestris	114
IV.2.6 Uji Ketelitian Jarak	117
IV.2.7 Uji Normalitas	118
IV.2.8 Uji <i>Paired T-Test</i> Sampel Jarak	120
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	125
V.1 Kesimpulan	125
V.2 Saran-Saran	126
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN	L-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar I-1. Diagram Alir Penelitian.....	6
Gambar I-2. Kerangka Berpikir	7
Gambar II-1. Taman Widya Puraya Universitas Diponegoro.....	13
Gambar II-2. Bukit Senja Diponegoro	14
Gambar II-3. Bukit Senja Diponegoro	14
Gambar II-4. Orientasi pada 3 jenis foto udara.....	17
Gambar II-5. Konfigurasi Foto Udara Condong Tinggi (c), condong rendah (b), tegak (a)	17
Gambar II-6. Kesalahan Akibat <i>Crab</i>	18
Gambar II-7. Kesalahan Akibat <i>Drift</i>	18
Gambar II-8. Kesalahan Akibat <i>Tilt</i>	18
Gambar II-9. Penyimpangan Akibat <i>Tip</i>	19
Gambar II-10. <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>	19
Gambar II-11. Komponen Struktur UAV	22
Gambar II-12. Kalibrasi Kompas	23
Gambar II-13. Kalibrasi Kompas UAV	23
Gambar II-14. Kalibrasi Gimbal UAV	24
Gambar II-15. Proyeksi Perspektif dan Proyeksi Orthogonal.....	28
Gambar II-16. Perbedaan antara <i>geo-location(a)</i> <i>georectification(b)</i> <i>orthorectification(c)</i>	29
Gambar II-17. DJI Phantom 4	33
Gambar II-18. DJI Phantom 4 RTK.....	34
Gambar II-19. GNSS.....	34
Gambar II-20. Variasi Pengukuran Tinggi Antenna	40
Gambar II-21. Beberapa Parameter dari Geometri Jaring GPS	41
Gambar II-22. <i>Waterpass</i>	42
Gambar II-23. Distribusi Normal.....	49
Gambar II-24. Tampilan Agisoft PhotoScan	53
Gambar II-25. Tampilan Drone Deploy	54
Gambar II-26. Tampilan Quantum GIS	54
Gambar II-27. REDtoolbox – REDCATCH	55
Gambar II-28. <i>Software</i> Topcon Tools 8.2	57
Gambar III-1. Distribusi Titik Kontrol - Widya Puraya	61
Gambar III-2. Distribusi Titik Kontrol - Bukit Senja/Diponegoro	61
Gambar III-3. Patok Disertai <i>Premark</i>	61
Gambar III-4. Dokumentasi Arah Mata Angin	63
Gambar III-5. Desain Pengukuran <i>Long Section</i> Widya Puraya.....	65
Gambar III-6. Desain Pengukuran <i>Long Section</i> Bukit Senja/Diponegoro	65
Gambar III-7. Desain Pengukuran <i>Cross Section</i> Widya Puraya	67
Gambar III-8. Desain Pengukuran <i>Cross Section</i> Bukit Senja/Diponegoro	67
Gambar III-9. Jalur Terbang P4Widya Puraya	69

Gambar III-10. Jalur Terbang P4 Bukit Senja	69
Gambar III-11. Proses <i>Connection Device</i>	70
Gambar III-12. Jalur Terbang P4RTK Widya Puraya	71
Gambar III-13. Jalur Terbang P4RTK Bukit Senja	71
Gambar III-14. Diagram Alir Pengolahan Koordinat GCP	72
Gambar III-15. Pengaturan Konfigurasi <i>Project</i>	74
Gambar III-16. Proses Memasukkan Data RINEX.....	74
Gambar III-17. Penamaan Titik-Titik Pengamatan.....	74
Gambar III-18. Pengaturan <i>Setting</i> Antena.....	75
Gambar III-19. Proses Memasukkan Data Orbit.....	75
Gambar III-20. Orbit <i>Precise</i>	75
Gambar III-21. Pengaturan Titik Kontrol	76
Gambar III-22. Pengolahan GNSS Per-Sesi	76
Gambar III-23. Proses <i>GPS+ Processing</i>	77
Gambar III-24. Proses <i>Adjustment</i>	77
Gambar III-25. Hasil Proses <i>Adjustment</i>	77
Gambar III-26. Hasil Standar Deviasi.....	78
Gambar III-27. Proses <i>Compute Coordinates</i>	78
Gambar III-28. Perhitungan Topo 6.....	79
Gambar III-29. Penggambaran <i>Cross Section</i> di AutoCAD	79
Gambar III-30. Registrasi Redtoolbox.....	81
Gambar III-31. PPK & <i>Geotagging</i>	82
Gambar III-32. Pengaturan Alat.....	82
Gambar III-33. <i>Input All Data Measurement</i>	83
Gambar III-34. Penggantian Koordinat Titik Kontrol/ <i>Base Station</i>	83
Gambar III-35. <i>Index Data Float</i> dan <i>Fix</i>	84
Gambar III-36. <i>Generate Output from Mapping</i>	84
Gambar III-37. Orientasi Bagian Dalam	87
Gambar III-38. <i>Align Photos</i>	87
Gambar III-39. Tingkat Ketelitian <i>Tie Point</i>	87
Gambar III-40. <i>Import</i> GCP dan ICP	88
Gambar III-41. <i>Picking</i> GCP	88
Gambar III-42. Eliminasi Titik ICP di <i>Tab Reference</i>	89
Gambar III-43. <i>Build Dense Cloud</i>	89
Gambar III-44. <i>Build Mesh, Build DEM, Build Orthomosaic</i>	89
Gambar IV-1. Jaring Pengolahan GNSS Widya Puraya.....	93
Gambar IV-2. Jaring Pengolahan GNSS Bukit Senja/Diponegoro.....	93
Gambar IV-3. Jaring 1 Widya Puraya.....	95
Gambar IV-4. Jaring 2 Widya Puraya.....	95
Gambar IV-5. Jaring 3 Widya Puraya.....	96
Gambar IV-6. Jaring 4 Widya Puraya.....	97
Gambar IV-7. Jaring 5 Widya Puraya.....	97
Gambar IV-8. Jaring 1 Bukit Senja/Diponegoro.....	98
Gambar IV-9. Jaring 2 Bukit Senja/Diponegoro.....	99
Gambar IV-10. Jaring 3 Bukit Senja/Diponegoro.....	99

Gambar IV-11. <i>Cross Section</i> Lokasi Penelitian Widya Puraya.....	101
Gambar IV-12. <i>Cross Section</i> Lokasi Penelitian Bukit Senja/Diponegoro	101
Gambar IV-13. <i>Orthomosaic</i> P4WP	103
Gambar IV-14. <i>Orthomosaic</i> P4BS	103
Gambar IV-15. <i>Orthomosaic</i> Widya Puraya P4RTK	104
Gambar IV-16. <i>Orthomosaic</i> Bukit Senja/Diponegoro P4RTK	104
Gambar IV-17. <i>Orthomosaic</i> Widya Puraya P4RTK <i>with</i> GCP.....	105
Gambar IV-18. <i>Orthomosaic</i> Bukit Senja/Diponegoro P4RTK <i>with</i> GCP	105
Gambar IV-19. Kurva Standar Deviasi GNSS WP.....	106
Gambar IV-20. Kurva Standar Deviasi GNSS BS.....	106
Gambar IV-21. Perbandingan Profil STA 0-Widya Puraya.....	108
Gambar IV-22. Perbandingan Profil STA 5-Widya Puraya.....	108
Gambar IV-23. Perbandingan Profil STA 30-Widya Puraya.....	109
Gambar IV-24. Perbandingan Profil STA 0-Bukit Senja/Diponegoro	109
Gambar IV-25. Perbandingan Profil STA 40-Bukit Senja/Diponegoro	110
Gambar IV-26. Perbandingan Profil STA 55-Bukit Senja/Diponegoro	110
Gambar IV-27. Visualisasi Perbandingan Hasil Orthorektifikasi.....	111
Gambar IV-28. Hasil GCP <i>Error</i> P4RTK dengan GCP Widya Puraya.....	112
Gambar IV-29. Hasil GCP <i>Error</i> P4RTK dengan GCP Bukit Senja/Diponegoro	112
Gambar IV-30. Hasil Uji Normalitas Sampel Jarak P4 di Widya Puraya	119
Gambar IV-31. Hasil Uji Normalitas Sampel Jarak P4RTK di Widya Puraya ..	119
Gambar IV-32. Hasil Uji Normalitas Sampel Jarak P4RTK+GCP di Widya Puraya.....	119
Gambar IV-33. Hasil Uji Normalitas Sampel Jarak P4 di Bukit Senja	120
Gambar IV-34. Hasil Uji Normalitas Sampel Jarak P4RTK di Bukit Senja	120
Gambar IV-35. Hasil Uji Normalitas Sampel Jarak P4RTK+GCP di Bukit Senja	120
Gambar IV-36. Uji <i>Paired T-Test</i> Kondisi 1 di Widya Puraya.....	122
Gambar IV-37. Uji <i>Paired T-Test</i> Kondisi 2 di Widya Puraya.....	122
Gambar IV-38. Uji <i>Paired T-Test</i> Kondisi 3 di Widya Puraya.....	123
Gambar IV-39. Uji <i>Paired T-Test</i> Kondisi 1 di Bukit Senja	124
Gambar IV-40. Uji <i>Paired T-Test</i> Kondisi 2 di Bukit Senja	124
Gambar IV-41. Uji <i>Paired T-Test</i> Kondisi 3 di Bukit Senja	124

DAFTAR TABEL

Tabel II-1. Kajian Penelitian Terdahulu.....	11
Tabel II-2. Jumlah Titik Uji Berdasarkan Luasan.....	25
Tabel II-3. Resolusi Produk <i>Orthophoto</i>	32
Tabel II-4. Spesifikasi Teknis Metode Dan Strategi Pengamatan Jaring Titik Kontrol	35
Tabel II-5. Spesifikasi Teknis Untuk Metode Dan Strategi Pengolahan Data.....	37
Tabel II-6. Penjenjangan Kelas	43
Tabel II-7. Standar Kesalahan Penutup Pergi-Pulang.....	44
Tabel II-8. Standar Kesalahan Tinggi	44
Tabel II-9. Karakteristik Alat	45
Tabel II-10. Klasifikasi Ketelitian Geometri Peta.....	47
Tabel III-1. Data Penelitian.....	60
Tabel III-2. Spesifikasi Teknis Pengukuran Jaring Kontrol Orde-3	62
Tabel III-3. Detail Informasi Titik GBU016.....	63
Tabel IV-1. Koordinat Titik-Titik GCP dan ICP-Widya Puraya	92
Tabel IV-2. Koordinat Titik-Titik GCP dan ICP-Bukit Senja	92
Tabel IV-3. Standar Deviasi Titik GCP & ICP Widya Puraya	94
Tabel IV-4. Standar Deviasi Titik GCP & ICP Bukit Senja/Diponegoro.....	94
Tabel IV-5. Elevasi Titik-Titik GCP dan ICP-Widya Puraya.....	100
Tabel IV-6. Elevasi Titik-Titik GCP dan ICP-Bukit Senja.....	100
Tabel IV-7. Kalibrasi Kamera DJI Phantom 4.....	102
Tabel IV-8. Kalibrasi Kamera DJI Phantom 4 DRTK.....	102
Tabel IV-9. <i>Summary</i> Perhitungan SOF	107
Tabel IV-10. Perbandingan Topografi berdasarkan Hasil	113
Tabel IV-11. Statistik <i>Univariat</i> Elevasi Lokasi Penelitian Pertama.....	113
Tabel IV-12. Statistik <i>Univariat</i> Elevasi Lokasi Penelitian Kedua	114
Tabel IV-13. Hasil Uji Ketelitian Geometri Tiap Kondisi.....	115
Tabel IV-14. Perbandingan Jarak di <i>Orthomosaic</i> dan Pengukuran Lapangan - Widya Puraya.....	117
Tabel IV-15. Perbandingan Jarak di <i>Orthomosaic</i> dan Pengukuran Lapangan - Bukit Senja.....	117

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. LEMBAR ASISTENSI	L-1
LAMPIRAN 2. SURAT IZIN ALAT DAN LOKASI.....	L-2
LAMPIRAN 3. DATA PENGUKURAN	L-3
LAMPIRAN 4. PERHITUNGAN <i>LEAST SQUARE WATERPASS</i>	L-4
LAMPIRAN 5. STATISTIK UNIVARIAT ELEVASI TOPOGRAFI	L-5
LAMPIRAN 6. HASIL RMSE GCP dan ICP	L-6
LAMPIRAN 7. GAMBAR & PERHITUNGAN <i>CROSS SECTION</i>	L-7
LAMPIRAN 8. PETA HASIL ORTHOREKTIFIKASI.....	L-8

BAB I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir ini, *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) telah banyak dianggap sebagai alat yang berharga untuk aplikasi seperti pemetaan. Akuisisi foto udara dengan menggunakan wahana berupa UAV meningkat pesat dalam program pemetaan.

Sebagian besar penelitian, pengikatan data penginderaan jauh atau biasa disebut proses *georeferencing* bergantung pada titik kontrol tanah atau *Ground Control Point* (GCP). GCP tersebut diperoleh sebagian besar menggunakan metode berbasis terrestrial, sehingga meniadakan keuntungan dari survei tanpa kontak dengan teknologi UAV. Upaya untuk menghilangkan ketergantungan ini dapat diamati terutama dengan meningkatnya penggunaan dan perkembangan metode fotogrametri digital.

Saat ini, perkembangan fotogrametri digital sampai pada miniaturisasi peralatan fotografi digital yang memungkinkan penggunaan platform yang lebih kecil terutama kendaraan udara tak berawak (UAV atau sistem pesawat yang dikendalikan dari jarak jauh *Remotely Piloted Aircraft System* (RPAS) atau *drone*). Kendaraan udara tak berawak tersebut memiliki kemampuan untuk membawa berbagai sensor yang menyediakan berbagai alat untuk keperluan pemetaan. Salah satunya UAV dapat membawa sensor GNSS RTK di dalamnya untuk keperluan pemetaan dengan mengandalkan teknik *direct georeference*.

Direct georeference merupakan sebuah alternatif untuk membangun kembali model yang tepat dibingkai dalam kerangka referensi yang diberikan. Teknik ini menghilangkan kebutuhan untuk menggunakan GCP. Penerima GNSS *on-board* dapat digunakan dalam mode RTK atau NRTK untuk menangkap posisi yang tepat dari *drone* secara *shot-by-shot*. Oleh karena itu, penting bahwa sistem merekam momen akuisisi citra dengan cepat dan akurat, sebaiknya dalam referensi waktu yang sama dari data GNSS.

Pada penelitian (Ekaso dkk., 2020) yang berjudul *Accuracy assessment of real-time kinematics (RTK) measurements on unmanned aerial vehicles (UAV) for direct geo-referencing* dilakukan penilaian akurasi dari RTK *onboard* DJI Matrice

600 Pro dengan GNSS Leica Statik frekuensi ganda dengan kemampuan RTK. Penelitian tersebut lebih membahas mengenai pembuktian akurasi D-RTK yang diklaim pabrik mencapai 2 cm hingga 3 cm dapat dicapai tanpa GCP tambahan. Hal ini menjadi kelemahan dari penelitian tersebut yang hanya berfokus pada pembuktian tersebut tanpa adanya pengujian perbandingan antara *drone* non RTK dengan *drone* RTK. Sehingga pada penelitian ini, dilakukan pengujian analisis perbandingan akurasi hasil orthorektifikasi dengan menggunakan seri DJI Phantom 4 RTK dengan DJI Phantom 4. Dengan demikian penelitian ini dapat memberikan perbandingan hasil orthorektifikasi mana yang hasilnya lebih akurat dan presisi jika divalidasi dengan pengukuran terestris.

Pesatnya perkembangan infrastruktur berskala besar di Indonesia menunjukkan perlunya solusi aplikasi pemetaan cepat dengan hasil akurat menggunakan metode yang hemat waktu dan biaya.. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian terhadap perbandingan ini untuk mengetahui akurasi *drone* yang sudah dilengkapi RTK dengan *drone* yang *Non-RTK* sehingga perlu tambahan GCP.

I.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis hasil proses orthorektifikasi menggunakan DJI Phantom 4 DRTK dan DJI Phantom 4 berdasarkan penetapan 4 GCP dan 1 *base station*?
2. Bagaimana analisis hasil perbandingan ketelitian orthorektifikasi menggunakan DJI Phantom 4 DRTK dan DJI Phantom 4 berdasarkan jenis topografi datar dan rapat?
3. Bagaimana analisis validasi perbandingan akurasi hasil orthorektifikasi antara DJI Phantom 4 DRTK dengan DJI Phantom 4 dengan menggunakan parameter jarak dan posisi pada hasil pengukuran terestris di lapangan?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Mengetahui hasil proses orthorektifikasi antara DJI Phantom 4 DRTK dengan DJI Phantom 4 dengan penggunaan 4 GCP dan 1 *base station*.
 - b. Mengetahui perbandingan ketelitian orthorektifikasi menggunakan DJI Phantom 4 DRTK dan DJI Phantom 4 dengan kondisi topografi datar dan rapat.
 - c. Mengetahui hasil analisis dari validasi perbandingan akurasi hasil orthorektifikasi antara DJI Phantom 4 DRTK dengan DJI Phantom 4 dengan menggunakan parameter jarak dan posisi pada hasil pengukuran terestris di lapangan.
2. Manfaat

Adapun manfaat dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Segi kerekayasaan
Hasil penelitian ini dapat diterapkan untuk solusi pemetaan cepat dengan hasil yang akurat serta efisien dalam segi waktu dan data yang dihasilkan.
- b. Segi keilmuan
Hasil dari penelitian ini dapat memperkaya ilmu tentang pengujian akurasi dalam perkembangan fotogrametri digital khususnya terkait *drone* RTK.

I.4 Batasan Masalah

Batasan masalah bertujuan untuk memberikan batasan terhadap penelitian yang dilakukan, batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Akuisisi dilakukan untuk setiap alat sebanyak 2 kali pengukuran setiap lokasi penelitian.
2. Penggunaan parameter datum WGS 1984 dan sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) untuk kedua hasil foto udara yang dihasilkan.
3. Parameter yang digunakan dalam penelitian terkait sebaran GCP di mana sebaran GCP-nya sebanyak 4 GCP untuk DJI Phantom 4 dan 1 *base station* untuk DJI Phantom 4 DRTK.
4. Selain sebaran GCP, parameter jenis topografi juga diperhatikan di mana akuisisi data dilakukan di dua jenis topografi yaitu kondisi datar dan kondisi tidak datar. Kedua lokasi tersebut dibatasi dengan luasan penelitian ± 3.500

m² atau ± 0,35 Ha di mana berdasarkan peraturan BIG nomor 1 tahun 2020 mengacu pada SNI 8202 terkait luasan < 500 km² membutuhkan 20 titik uji namun pada penelitian kali ini dikarenakan luasnya yang kecil maka masing-masing lokasi direncanakan dengan sebaran 4 GCP dan 4 ICP.

5. Selain sebaran GCP dan parameter topografi terdapat juga parameter pengujian GCP + RTK untuk DJI Phantom 4 RTK sehingga tidak hanya memakai 1 GCP saja sebagai *base* namun dengan menambahkan 4 GCP pada saat pengolahan.
6. Pengujian pada penelitian ini menggunakan 2 pengujian di mana dilihat dari perbedaan hasil orthorektifikasinya melalui RMSE dengan membandingkan *delta/selisih* dari kedua alat UAV dan juga diperkuat dengan hasil pengujian di lapangan menggunakan GNSS survei dan *Waterpass*.
7. Pengolahan hasil akuisisi data dilakukan menggunakan bantuan *software Agisoft* dengan ketentuan pengolahan *build dense cloud quality High Aggressive*.
8. Validasi dilakukan secara kuantitatif dengan metode uji ketelitian posisi dan jarak geometri pada sampel daerah pemetaan dengan menggunakan GNSS di mana standar ketelitian akurasi harus memenuhi tingkat kepercayaan 90% terhadap titik uji.
9. Parameter-parameter *planning* jalur terbang perlu disamakan di antara kedua alat di mana meliputi *overlap* 85% dan *sidelap* 70% parameter tersebut berdasarkan peraturan BIG Nomor 1 Tahun 2020.
10. Alat DJI Phantom 4 DRTK diharapkan dapat menjadi solusi untuk pemetaan skala besar minimal dapat memenuhi skala 1:1.000 dengan kelas ketelitian kelas 1 untuk ketelitian horizontal yang dinilai efisien dan efektif dalam segi waktu dan biaya.

I.5 Metodologi Penelitian

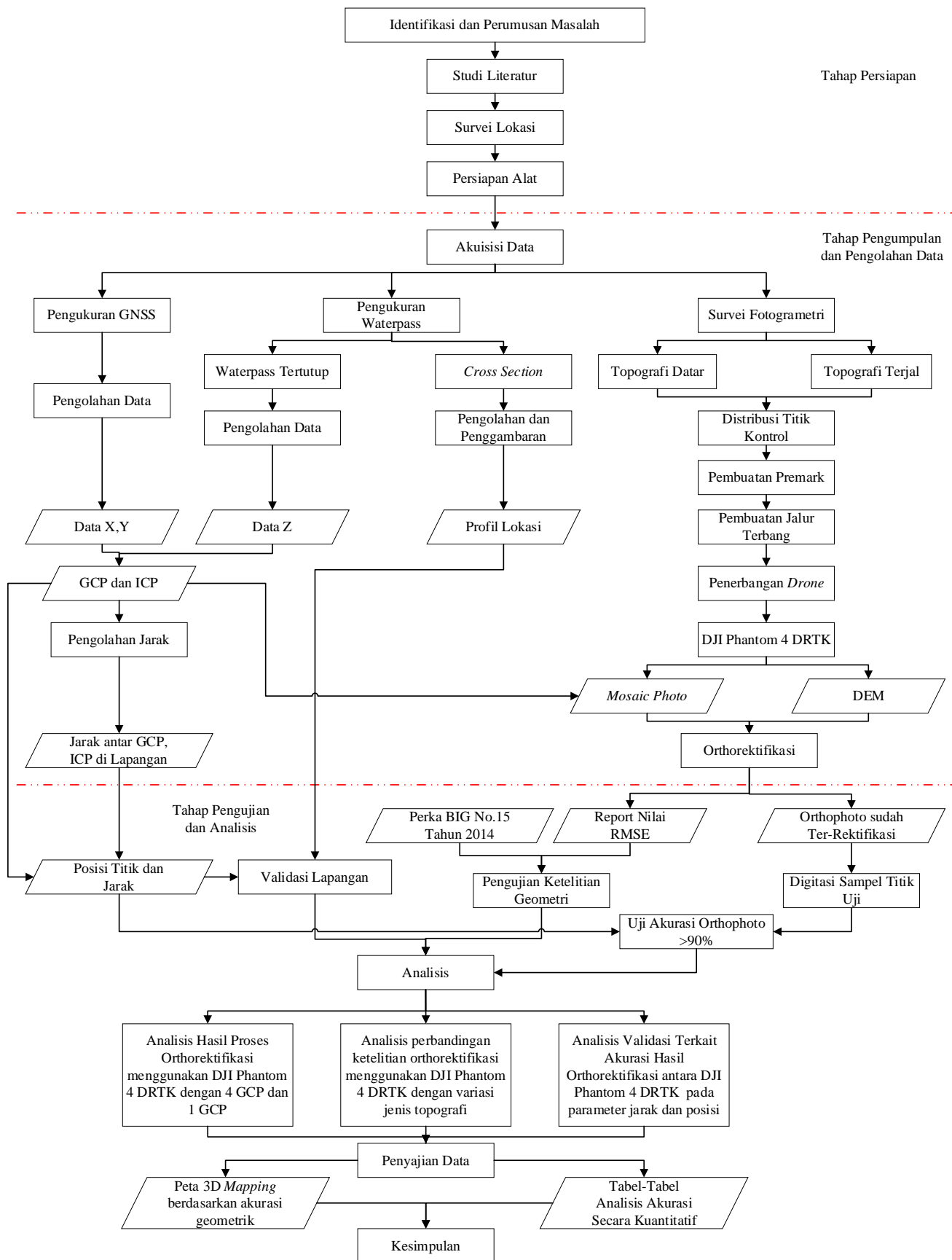
Peneliti membagi penelitian yang dilakukan menjadi tiga tahapan yang terdiri dari tahap persiapan, tahap pengambilan dan pengolahan data serta tahap pengujian dan analisis. Peneliti juga merangkai alur kerangka berpikir dalam penelitian

I.5.1 Diagram Alir Penelitian

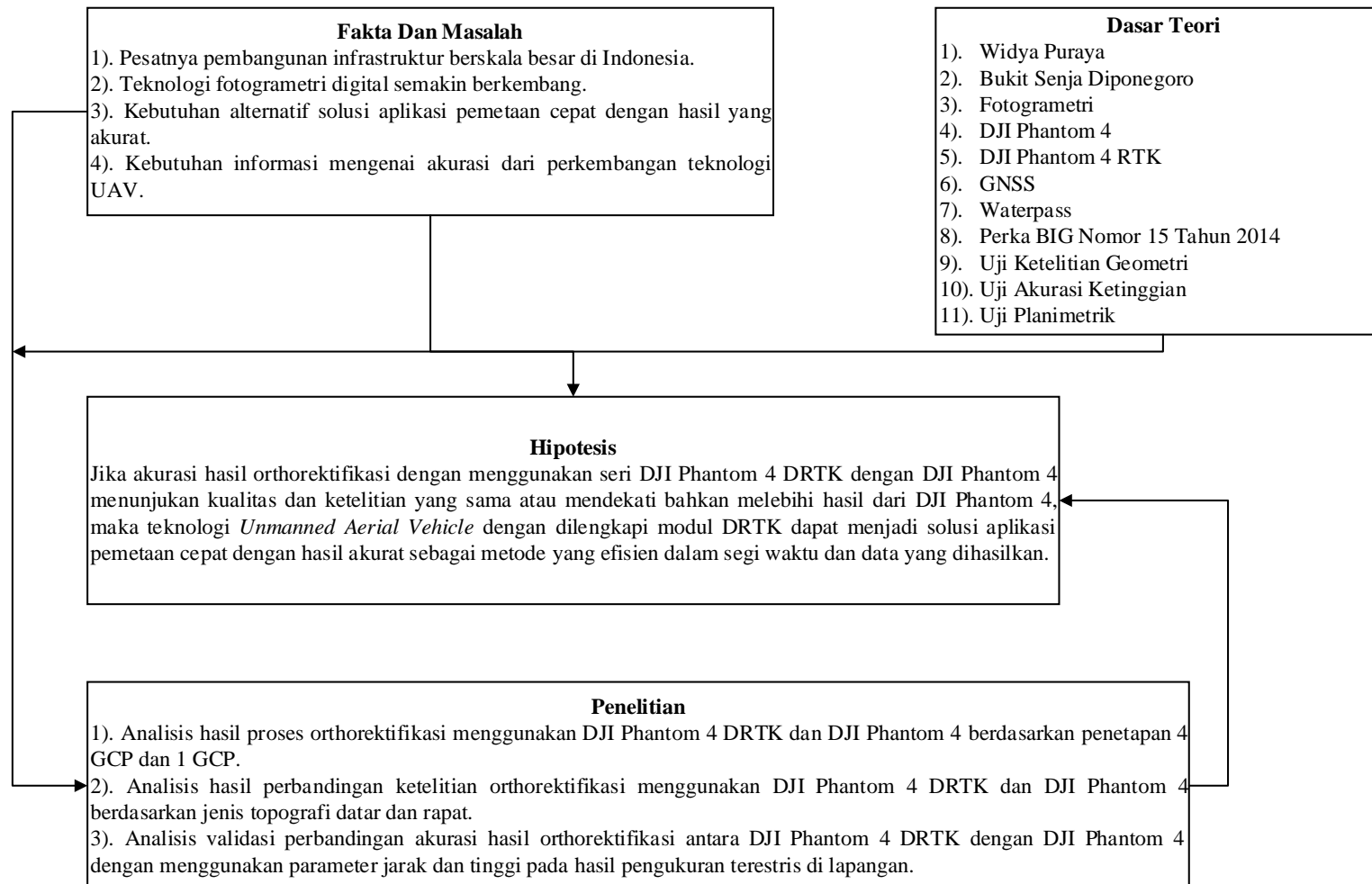
Diagram alir penelitian seperti dalam **Gambar I-1** menjelaskan tahap-tahap dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti dari tahap identifikasi dan perumusan masalah sampai dengan penyajian data dan penarikan kesimpulan.

I.5.2 Alur Kerangka Berpikir

Peneliti mencoba mengemukakan alur berpikir yang merupakan rangkuman dari penelitian ini yang dapat dilihat pada **Gambar I-2** di mana dalam kerangka tersebut terdapat fakta dan masalah yang terjadi kemudian ditarik sebuah hipotesis atau dugaan sementara oleh peneliti dengan mempertimbangkan dasar-dasar teori yang ada sehingga dilakukanlah penelitian tersebut.



Gambar I-1. Diagram Alir Penelitian



Gambar I-2. Kerangka Berpikir

I.6 Sistematika Penelitian Laporan Penelitian

Penulisan laporan penelitian yang dilakukan mengikuti sistematika dari laporan penelitian di mana sistematik ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang struktur laporan agar lebih jelas dan fokus. Sistemnya adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Memuat penjelasan terkait alasan dilakukannya penelitian (latar belakang penelitian), perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, ruang lingkup penelitian (wilayah penelitian dan peralatan serta data penelitian), metodologi penelitian dan sistematika penelitian laporan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memuat penjelasan mengenai teori-teori yang mendukung penelitian yang akan dilakukan seperti *review* penelitian terdahulu, kajian wilayah penelitian, fotogrametri rentang dekat (foto udara tegak, kesalahan foto udara, UAV, kalibrasi UAV, GCP dan ICP, tinggi terbang rerata, konsep orthorektifikasi (orientasi eksternal (EO)), standarisasi akurasi orthorektifikasi (mosaic *ground orthophoto*, mosaic *true orthophoto*), DJI Phantom 4, DJI Phantom 4 DRTK, GNSS (pengukuran tinggi antenna GNSS, perhitungan geometri jaring), *Waterpass* (JKV, ketelitian JKV, metode perataan least square, Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 (uji ketelitian geometri, uji akurasi ketinggian dan uji planimetrik), uji statistik (uji normalitas, uji *paired sample t-test*), Agisoft Metashape, Drone Deploy, QGIS, REDtoolbox-REDCATCH, TEQC, Topcon Tools.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Uraian secara rinci metode yang akan digunakan mulai dari tahapan persiapan, tahapan pengumpulan data (pengukuran koordinat gcp, proses akuisisi data, pengukuran posisi dan jarak), tahapan pengolahan data (pengolahan data pengukuran gcp, pengolahan data foto udara dan pengolahan posisi dan jarak), tahapan pengujian dan analisis (uji ketelitian produk peta dan analisis).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai analisis hasil proses orthorektifikasi menggunakan DJI Phantom 4 DRTK dan DJI Phantom 4 berdasarkan penetapan 4 GCP dan 1 GCP, analisis hasil perbandingan ketelitian orthorektifikasi menggunakan DJI Phantom 4 DRTK dan DJI Phantom 4 berdasarkan jenis topografi datar dan rapat serta analisis validasi perbandingan akurasi hasil orthorektifikasi antara DJI Phantom 4 DRTK dengan DJI Phantom 4 dengan menggunakan parameter jarak dan tinggi pada hasil pengukuran terestris di lapangan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian dan saran-saran untuk peneliti selanjutnya agar lebih baik dalam melaksanakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (2001). *Geodesi Satelit*. PT. Pradnya Paramita.
- Abidin, H. Z., & Mugiarto, F. T. (2000). Pengaruh Geometri Jaringan Terhadap Ketelitian Survey Gps. *Pengaruh Geometri Jaringan Terhadap Ketelitian Survey Gps*, 10(1), 1–15. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21707.69923>
- Adi, A., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. (2017). Pengujian Akurasi Dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (Uav). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 208–217.
- Admoko, D. (2015). Kajian Pembuatan DSM Menggunakan Software Agisoft PhotoScan dan PIX4DMapper dari Data Pemotretan UAV. *Jurnal Teknik Geodesi ITN Malang*.
- Ahmad, Anuar; Amin, Z. M. (1998). *Unsur-Unsur Fotogrametri dengan Penafsiran Foto Udara dan Penginderaan Jauh*. Universiti Teknologi Malaysia.
- Aji, D. S. (2019). Analisis Akurasi Dem Dan Foto Tegak Hasil Pemotretan Dengan Pesawat Nir Awak Dji Phantom 4 (Studi Kasus : Bukit Perumahan Permata Hijau Tembalang Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(2), 8–18.
- Atkinson. (1996). *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing.
- Aulejtner, M. (2011). *Investigation on methods for making detailed digital models of sculptures and other artefacts* [Norwegia : Norwegian University Of Science and Technology]. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/231825>
- Bäumker, & M. Heimes, F. J. (2001). *New Calibration and Computing Method for Direct Georeferencing of Image and Scanner Data Using the Position and Angular Data of an Hybrid Inertial Navigation System*. FH Bochum University of Applied Sciences.
- BIG. (2014). Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. *Badan Informasi Geospasial. Bogor*.
- BIG. (2020). Peraturan Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia Nomor 1

- Tahun 2020 Tentang Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar Untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar. *Big*, 53(9), 1689–1699.
- BSN. (2002). *Standar Nasional Indonesia, 19-6724-2002 tentang Jaring kontrol horizontal*. 94.
- BSN. (2015). *SNI 8202 Ketelitian Peta Dasar*. 1–29.
- BursaDrone. (2017). *Penggunaan Aplikasi Dronedeploy untuk Pengambilan Data Foto Udara*. <http://bursadrone.com/blog/penggunaan-aplikasi-dronedeploy-untuk-pengambilan-data-foto-udara-b102.html>
- Cui, X., Fan, P., Li, W., & Lu, M. (2019). Precise and robust RTK-GNSS positioning in urban environments with dual-antenna configuration. *Sensors (Switzerland)*, 19(16). <https://doi.org/10.3390/s19163586>
- DimensiData. (2016). *Review Kelebihan Fitur Spesifikasi Drone Dji Phantom 4*. <https://blog.dimensidata.com/review-kelebihan-fitur-spesifikasi-drone-dji-phantom-4/>
- DJI. (2022). *Phantom 4 RTK*. <https://www.dji.com/phantom-4-rtk>
- Ekaso, D., Nex, F., & Kerle, N. (2020). Accuracy assessment of real-time kinematics (RTK) measurements on unmanned aerial vehicles (UAV) for direct geo-referencing. *Geo-Spatial Information Science*, 23(2), 165–181. <https://doi.org/10.1080/10095020.2019.1710437>
- Estey, L., & Wier, S. (2014). *Basics of Teqc Use and Teqc Products*. UNAVCO.
- French, J. C. (2016). *Fixed-Point Image Orthorectification Algorithms*.
- Hadi. (2014). *DroneDeploy: perangkat lunak untuk menjalankan beberapa drone dari satu pusat kendali memakai koneksi seluler 4G LTE*. <https://inovasi.com/2014/09/19/dronedeploy-perangkat-lunak-untuk-menjalankan-beberapa-drone-dari-satu-pusat-kendali-memakai-koneksi-seluler-4g-lte/>
- Hadi, B. S. (2007). *Dasar-Dasar Fotogrametri*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Hadiman. (1991). *Ilmu Hitung Perataan*. Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM.
- Hartawan, I. I. (2017). *Melepas Penat Pikiran Paling Asyik Nongkrong Di Bukit Diponegoro* / *Semarangpedia*. [Semarangpedia.com. https://semarangpedia.com/melepas-penat-pikiran-paling-asyik-nongkrong-di-bukit-diponegoro/](https://semarangpedia.com/melepas-penat-pikiran-paling-asyik-nongkrong-di-bukit-diponegoro/)

- Hidayat, R., & Mardiyanto, R. (2017). Pengembangan Sistem Navigasi Otomatis Pada UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dengan GPS(Global Positioning System) Waypoint. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.16342>
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2004). *Jaring kontrol vertikal dengan metode sipatdatar*.
- Instrument, B. (2019). *Panduan Lengkap Cara Kalibrasi Drone Dengan Benar*.
<http://buaya-instrument.com/blog-buaya-instrument/Cara-Kalibrasi-Drone-dengan-Benar>
- Ip, A. dkk. (2007). Performance Analysis of Integrated Sensor Orientation. *Kanada : Photogrametric Engineering & Remote Sensing*, 73 Nomor 1.
- Istiqomah. (2020). *Pengertian Orthorektifikasi*.
<https://istiqomahgeo15.wordpress.com/2020/04/19/orthorektifikasi/>
- Jatijejer, T. G. D. (2015). *Laporan GPS*.
https://www.academia.edu/11897486/Laporan_GPS
- Jenings, A. (2016). *DJI Phantom 4 Review*. Techradar.com.
<https://www.techradar.com/reviews/cameras-and-camcorders/dji-phantom-4-1322207/review>
- Kurniawan, A. M., & Wahyono, H. (2017). Daya Tarik Taman Widya Puraya Universitas Diponegoro Sebagai Taman Aktif Oleh Masyarakat Umum. *Jurnal Teknik PWK (Perencanaan Wilayah dan Kota)*, 6(4), 277–289.
- Lojoo. (2011). *Kesalahan pada Foto Udara*.
<http://lojooblog.blogspot.com/2011/01/kesalahan-pada-foto-udara.html>
- Maula, N. R. (2020). *Jurusan di UNDIP*. beasiswa-id.net. <https://beasiswa-id.net/jurusan-di-undip/>
- MS, H. (2021). *Drone: Pengertian, Fungsi, Sejarah, Jenis, Komponen dan Cara Kerja*. <https://www.sariksa.com/2021/04/drone-pengertian-fungsi-sejarah-jenis.html>
- Nindya. (2020). *Alat Ukur Automatic Level Waterpass*.
<https://www.nindyakarya.co.id/news/alat-ukur-automatic-level-waterpass>
- Nugroho, D. S. dkk. (2009). *Laporan Praktikum Fotogrametri*.
- Nurdinansa, M. (2013). *LAPORAN PRAKTIKUM PENGINDERAAN JAUH*.

- ACARA 2 Mozaik Foto Udara dan Pengamatan Sterioskop.
<https://123dok.com/document/z14rxg8z-laporan-praktikum-penginderaan-mozaik-pengamatan-sterioskop-muhamad-nurdinansa.html>
- Nuryadi, Astuti, T. D., Utami, E. S., & Budiantara, M. (2017). *Buku ajar dasar-dasar statistik penelitian*.
- Parwatiningsy, D. (2019). Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA) sebagai Pengembangan Media Sistem Informasi Geospasial. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, 4(1), 1.
<https://doi.org/10.30998/string.v4i1.4272>
- Purnomo, L. (2018). *Tutorial Agisoft-Cara Mengolah Data Drone*.
<https://liupurnomo.com/tutorial-agisoft/>
- Rabah, M., Basiouny, M., Ghanem, E., & Elhadary, A. (2018). Using RTK and VRS in direct geo-referencing of the UAV imagery. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 7(2), 220–226.
<https://doi.org/10.1016/j.nrjag.2018.05.003>
- REDCATCH. (2022). *REDtoolbox*. <https://www.redcatch.at/redtoolbox/>
- Rizaldy, A., & Firdaus, W. (2012). Direct Georeferencing : a New Standard in Photogrammetry for High Accuracy Mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXIX-B1*(September), 5–9. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xxxix-b1-5-2012>
- Sidharta, Y. A. (2018). *Analisis Dan Optimasi Desain Jaring Pengamatan Deformasi Di Kota Surabaya*. Departemen Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- SmileGroup. (2013). *Quantum GIS Software Pemetaan Gratis untuk Akademik dan Profesional*. <https://www.smilejogja.com/2013/09/18/quantum-gis-software-pemetaan-gratis-untuk-akademik-dan-profesional/>
- Suharsana. (1999). *Fotogrametri Dasar*. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Syatiawan, A. (2017). Blunder Pengolahan Data Gps. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 22(2), 72. <https://doi.org/10.24895/jig.2016.22-2.641>
- Taddia, Y., Stecchi, F., & Pellegrinelli, A. (2019). Using dji phantom 4 rtk drone

for topographic mapping of coastal areas. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(2/W13), 625–630. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-625-2019>

UAVOS. (2021). *UAVOS FIXED-WING UAV SITARIA COMPLETED FLIGHT TESTS - UAVOS*. <https://www.uavos.com/uavos-fixed-wing-uav-sitaria-completed-flight-tests/>

Wahyono. (2017). *Mengenal Istilah Pengertian dan Jenis Drone*. <https://doss.co.id/news/MENGENAL-ISTILAH-PENGERTIAN-DAN-JENIS-DRONE>

Wearinasia. (2016). *DJI Phantom 4*. <https://wia.id/product/dji-phantom-4-jakarta-indonesia>

Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., & Reynolds, J. M. (2012). “Structure-from-Motion” photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300–314. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>

Wolf, P. R., Gunadi, Sutanto, Zuharnen, & Gunawan, T. (1993). *Elemen Fotogrametri dengan Interretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh*. Gajah Mada University Press.

Wongsotjitro, S. (1980). *Ilmu Ukur Tanah*. Yayasan Kanisius.