

**PEMANFAATAN FOTO UDARA HASIL PEMOTRETAN *UNMANNED AERIAL VEHICLE* (UAV) TIPE *POST- PROCESSED KINEMATIC* (PPK)
UNTUK PEMETAAN TOPOGRAFI**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Sebutan Sarjana Terapan di Bidang Pertanahan
Program Studi Diploma IV Pertanahan



Disusun Oleh:

Pedro Diodemus
NIM. 16252997 / Perpetaan

**KEMENTERIAN AGRARIA DAN TATA RUANG/
BADAN PERTANAHAN NASIONAL
SEKOLAH TINGGI PERTANAHAN NASIONAL
YOGYAKARTA**

2020

ABSTRACT

Accurate geospatial information is a fundamental foundation in infrastructure development. One of the elements of the provision of geospatial information is a topographic map. Apart from using the terrestrial method, data acquisition in topographic mapping can be obtained through the photogrammetric method using the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) with Post-Processed Kinematic (PPK). This study aims to determine the geometric accuracy of the horizontal position and vertical orthophoto position according to the technical standards of the Regulation of the Minister of Agrarian Affairs and Spatial Planning / National Land Agency Number 21 of 2019 concerning Land Base Map. The research method used is descriptive comparative with a quantitative approach. The quantitative approach is carried out by using the photogrammetric method and the extra terrestrial method which will be tested in a comparative descriptive through statistical t-test between the corrected x, y, z orthophoto coordinates and the x, y, z coordinates of the ICP observations in the field. The results of this study are the horizontal accuracy value (CE90) of 0.386 meters and the vertical accuracy value (LE90) of 0.551 meters. Orthophoto in this study meets the technical standard of a maximum scale of 1: 1,000 in class 2 while DSM is able to meet the technical standard of a maximum scale of 1: 2,500 in class 2 with an interval of 1 meter contour lines.

Keywords: UAV PPK, topography, orthophoto, filtering DSM to DTM

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	4
C. Tujuan dan Kegunaan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Kerangka Teoritis	6
1. Fotogrametri.....	6
2. Peta Topografi.....	7
3. Peta Rupabumi Indonesia (RBI)	8
4. Uji Ketelitian Peta Rupabumi Indonesia (RBI)	11
5. <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV).....	14
6. Metode Penentuan Posisi dengan Pesawat Udara Nir Awak dalam Survei Fotogrametris.....	15
7. Ground Control Point (GCP)	18
8. <i>Independent Check Point</i> (ICP)	20
9. <i>Ground Sampling Distance</i> (GSD)	21

10. Triangulasi Udara	24
11. <i>Structure from Motion</i> (SfM).....	26
12. <i>Digital Elevation Model</i> (DEM).....	28
B. Kerangka Pemikiran	31
C. Hipotesis	33
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
A. Format Penelitian.....	34
B. Lokasi Penelitian	34
C. Populasi, Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel	35
D. Jenis, Sumber, dan Teknik Pengumpulan Data	36
E. Analisis Data.....	38
BAB IV GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN	41
A. Desa Pakembinangun	41
1. Letak Geografis Desa.....	41
2. Topografi dan Iklim	41
3. Penggunaan Tanah.....	42
B. Desa Harjobinangun	42
1. Letak Geografis Desa.....	42
2. Topografi dan Iklim	43
3. Penggunaan Tanah.....	43
C. Desa Umbulmartani	44
1. Letak Geografis Desa.....	44
2. Topografi dan Iklim	45
3. Penggunaan Tanah.....	45
BAB V AKUISISI DAN PENGOLAHAN DATA LAPANGAN	46
A. Akuisisi Data Lapangan.....	46
1. Perencanaan Pemasangan <i>Premark</i> GCP dan ICP.....	46
2. Pengukuran GCP dan ICP.....	48
3. Perencanaan Misi Jalur Terbang.....	50
4. Pemotretan Foto Udara dan Pengamatan <i>Base Station</i> PPK	51
B. Pengolahan Data Lapangan	53

1. Pengolahan Data PPK.....	53
2. Pengolahan Data Foto Udara	58
C. Penapisan DSM ke DTM.....	66
D. Pembuatan Garis Kontur	69
E. Pembuatan Peta Topografi.....	71
BAB VI UJI KETELITIAN HORIZONTAL DAN VERTIKAL FOTO UDARA	
HASIL PEMOTRETAN UAV PPK	72
A. Uji Ketelitian Geometri	72
B. Uji Komparatif/uji-t.....	77
BAB VII PENUTUP	80
A. Kesimpulan.....	80
B. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	82

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada masa pemerintahan Presiden Joko Widodo – Jusuf Kalla periode 2014 – 2019 terdapat 9 program Nawa Cita, salah satunya yang tercantum dalam butir ketiga yaitu membangun Indonesia dari pinggiran dengan memperkuat daerah-daerah dan desa dalam kerangka negara kesatuan. Pembangunan nasional berbasis desa dan daerah pinggiran ini tak lepas dari pembangunan infrastruktur. Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu pilihan strategis dalam rangka mempercepat pertumbuhan dan pemerataan ekonomi Indonesia. Hal tersebut sesuai dengan 5 visi Jokowi untuk Indonesia, menurut Bramasta (2019), yang salah satunya melanjutkan pembangunan infrastruktur-infrastruktur besar antara lain jalan tol, kereta api, pelabuhan, dan bandara dengan kawasan produksi rakyat yang akan disambungkan dengan kawasan ekonomi khusus, kawasan pariwisata, kawasan perkebunan, kawasan perikanan, dan kawasan industri kecil. Kelima visi tersebut kemudian dituangkan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2020 – 2024.

Pembangunan infrastruktur pada jilid kedua era pemerintahan Jokowi tercantum dalam 7 agenda RPJMN 2020 – 2024 pada bab 6 yaitu memperkuat infrastruktur untuk mendukung pengembangan ekonomi dan pelayanan dasar. Pembangunan infrastruktur kali ini akan diprioritaskan pada tiga fokus utama, yaitu Infrastruktur untuk Pemerataan Pembangunan, Infrastruktur untuk Pembangunan Ekonomi, dan Infrastruktur untuk Pembangunan Perkotaan. Ketiga fokus utama tersebut akan ditopang oleh pembangunan energi dan ketenagalistrikan, pelaksanaan transformasi digital, serta mempertimbangkan ketangguhan menghadapi bencana, kesetaraan gender, tata kelola pemerintahan yang baik, pembangunan berkelanjutan, dan modal sosial budaya (Kementerian PPN/Bappenas 2019).

Guna mendukung kebijakan pemerintah tersebut maka perlu adanya pengadaan informasi geospasial. Informasi geospasial yang teliti merupakan pondasi pokok dalam pembangunan infrastruktur seperti pembangunan kereta api cepat Jakarta – Bandung di bawah kendali PT Kereta Cepat Indonesia China (PT KCIC). Pengadaan informasi geospasial yang diberi waktu 4 bulan tersebut berupa peta topografi skala 1:2.000, penggunaan lahan, *orthophoto*, *Digital Elevation Model* (DEM), *Digital Surface Model* (DSM), *intensity* LiDAR, jalur jalan, jalur Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) dan jalur Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), arah aliran air, kemiringan lahan, dan inventarisasi jumlah bangunan disertai informasi ketinggian bangunan (Fitri 2016).

Salah satu unsur pengadaan informasi geospasial yaitu peta topografi yang mengandung informasi ketinggian suatu wilayah. Peta topografi merupakan salah satu peta yang paling sering digunakan dalam perencanaan desain pembangunan, misi penyelamatan, pekerjaan geologi, perencanaan militer, dan sebagai *basemap* untuk pembuatan peta lainnya seperti peta penggunaan tanah, peta kemampuan tanah, peta kemiringan lereng, dan lain-lain. Pembuatan peta topografi ini dapat dilakukan melalui beberapa metode, salah satunya yaitu metode terestris. Metode terestris ini merupakan metode klasik yang sering dipakai pada zaman dahulu. Metode ini membutuhkan waktu yang cukup lama dan memakan biaya yang cukup tinggi jika area yang dipetakan cukup luas. Namun demikian, metode terestris ini merupakan salah satu metode yang mampu menghasilkan ketelitian posisi yang tinggi.

Selain metode terestris yang digunakan untuk pembuatan peta topografi, ada metode lain yang bisa digunakan yaitu metode fotogrametris yang akan menghasilkan foto udara dari Pesawat Udara Nir Awak (PUNA) maupun pesawat udara berawak. Pemetaan topografi melalui fotogrametri merupakan cara yang efektif dan efisien untuk memetakan area yang luas sehingga pekerjaan pengukuran menjadi lebih cepat dan murah. Metode fotogrametri yang akan digunakan oleh peneliti yaitu pemotretan foto udara menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV).

UAV atau biasa disebut *drone* adalah pesawat yang terbang tanpa pilot di dalamnya yang dikendalikan dari jarak jauh maupun terbang secara otomatis tanpa kendali dari pilot sama sekali. Penggunaan istilah *drone* yang sudah populer tersebut sebenarnya kurang tepat, karena pada mulanya UAV memiliki suara *propeller* yang berisik seperti lebah, sehingga dijuluki sebagai *drone* (lebah jantan) seperti yang ditulis oleh Wiratama (2016). Seiring perkembangan zaman, UAV tipe pemetaan mengalami transformasi teknologi yang menggabungkan antara wahana udara dengan modul *Post-Processed Kinematic* (PPK) yang disebut dengan UAV PPK.

PPK yang tersemat dalam UAV memiliki prinsip yang sama dengan GNSS *Engine* yang akan digunakan oleh peneliti. Metode penentuan posisi yang akan digunakan yaitu *differential post-processed kinematic* atau PPK dimana suatu titik ditentukan posisinya secara relatif terhadap titik lain yang diketahui koordinatnya dan pengolahan data dilakukan berdasarkan waktu pengukuran yang sama antara *base* dan *rover*. Proses pengukuran penentuan posisi yang dilakukan oleh GNSS *Engine* dan orientasi foto udara yang dilakukan oleh *Inertial Navigation System* (INS) mampu menghasilkan ketelitian yang relatif baik, yaitu 0,09m & 0,18m (*north and east axis*) dan 1,7m (*vertical axis*) yang disebut dengan metode *direct georeferencing* pada penelitian Gabrlik 2015 dalam Susetyo & Gularso (2018).

Hasil pemotretan dari area yang dipetakan menggunakan UAV PPK ini akan menghasilkan foto udara. Foto udara yang dimaksud harus memenuhi beberapa persyaratan agar bisa digunakan untuk pemetaan topografi. Foto udara tersebut harus dilakukan koreksi geometrik dengan cara melakukan pengamatan di lapangan secara terestris menggunakan GPS Geodetik melalui *Ground Control Point* (GCP) untuk memposisikan foto udara pada posisi sebenarnya. Sedangkan untuk melakukan *checking point* pada foto udara hasil pemotretan menggunakan UAV PPK dengan *point* di lapangan melalui pengamatan *Independent Check Point* (ICP). Dari hasil *checking point* tersebut dapat diketahui ketelitian pemetaan menggunakan UAV PPK terhadap titik horizontal maupun titik vertikal pada area luas yang memiliki variasi ketinggian yang

beragam. Foto udara yang telah terkoreksi secara geometri tersebut selanjutnya dilakukan uji ketelitian apakah telah memenuhi standar teknis sesuai Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional Nomor 21 Tahun 2019 tentang Peta Dasar Pertanahan.

Diharapkan melalui penelitian ini, foto udara hasil pemotretan UAV PPK mampu menghasilkan Peta Topografi sebagai penyediaan informasi geospasial untuk pembangunan infrastruktur sebagai pengejawantahan kebijakan pemerintah. Peta Topografi pada penelitian ini terbentuk dari *overlay* antara *orthophoto* yang telah terkoreksi secara geometrik dengan garis kontur agar mampu menghasilkan informasi spasial dan elevasi secara bersamaan. Garis kontur diperoleh dari ekstraksi data DTM hasil akuisisi data foto udara menggunakan UAV PPK melalui *software ArcGIS*. Peta Topografi ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain:

1. Sebagai *basemap* pertanahan sehingga dapat menjadi dasar atau acuan posisi yang sebenarnya untuk bidang-bidang tanah.
2. Sebagai *basemap* kemiringan lereng yang merupakan salah satu unsur pembuatan 2 produk peta, yaitu:
 - a) kemiringan lereng sebagai salah satu variabel dalam skoring pembuatan Peta Zona Nilai Tanah.
 - b) kemiringan lereng sebagai salah satu unsur kemampuan tanah dalam pembuatan Peta Pertimbangan Teknis Pertanahan.
3. Sebagai *basemap* untuk salah satu bahan revisi rencana pola ruang wilayah dan rencana struktur ruang wilayah dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) kabupaten/kota maupun Rencana Detil Tata Ruang (RDTR) kecamatan guna perencanaan pembangunan infrastruktur.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, peneliti membuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana ketelitian geometri posisi horizontal dan posisi vertikal foto udara hasil pemotretan UAV PPK dibandingkan dengan data pengukuran ekstra terestris pada titik *Independent Check Point* (ICP)?
2. Apakah ketelitian geometri foto udara hasil pemotretan menggunakan UAV PPK memenuhi standar teknis sesuai Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional Nomor 21 Tahun 2019 tentang Peta Dasar Pertanahan?

C. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Adapun penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui ketelitian geometri posisi horizontal dan posisi vertikal foto udara hasil pemotretan UAV PPK dibandingkan dengan data pengukuran ekstra terestris pada titik *Independent Check Point* (ICP).
2. Mengetahui standar teknis ketelitian geometri foto udara hasil pemotretan menggunakan UAV PPK sesuai Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional Nomor 21 Tahun 2019 tentang Peta Dasar Pertanahan baik dari ketelitian geometri, akuisisi dan pengolahan data, spesifikasi alat dan bahan yang diperlukan, maupun *output* tiap tahapan.

Sedangkan kegunaan penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi Kementerian ATR/BPN, digunakan untuk penyediaan informasi geospasial menggunakan UAV PPK berupa Peta Topografi yang terbentuk dari hasil digitasi *orthophoto* dan informasi ketinggian berupa kontur dan titik tinggi sebagai *basemap* dalam kegiatan pelayanan pertanahan.
2. Bagi Pemerintah Daerah Kabupaten Sleman, digunakan untuk penyediaan informasi geospasial berupa Peta Topografi sebagai *basemap* dalam salah satu bahan revisi rencana pola ruang wilayah dan rencana struktur ruang wilayah baik RTRW maupun RDTR.

BAB VII

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan uji ketelitian horizontal dan vertikal foto udara hasil pemotretan UAV PPK, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemanfaatan foto udara hasil pemotretan UAV PPK mampu menghasilkan Peta Topografi dengan nilai akurasi horizontal (CE90) sebesar 0,386meter dan nilai akurasi vertikal (LE90) sebesar 0,551meter. Nilai CE90 sebesar 0,386meter menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal objek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius lingkaran 0,386meter. Nilai LE90 sebesar 0,551meter menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar dari jarak 0,551meter. Hasil uji komparatif/uji-t menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara koordinat ICP hasil pengukuran lapangan dengan koordinat x, y orthophoto maupun koordinat z DSM dengan tingkat signifikansi sebesar 5%.
2. Berdasarkan Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional Nomor 21 Tahun 2019 tentang Peta Dasar Pertanahan, *orthophoto* pada penelitian ini memenuhi standar teknis skala maksimal 1:1.000 pada kelas 2 sedangkan DSM mampu memenuhi standar teknis skala maksimal 1:2.500 pada kelas 2 dengan interval garis kontur sebesar 1meter.

B. Saran

1. Pemanfaatan foto udara hasil pemotretan UAV PPK yang memiliki skala maksimal 1:1.000 pada kelas 2 dapat dipakai oleh Kementerian ATR/BPN sebagai peta kerja dalam rangka Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) sesuai Petunjuk Teknis Pengukuran PTSL 2019 Nomor 01/JUKNIS-300.01.01/II/2019 yang memiliki syarat pembuatan peta kerja PTSL paling kecil skala 1:2.500.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh parameter survei fotogrametri (maksimal luasan AOI, spesifikasi *base station* PPK, *receiver rover* PPK, jarak *base* dengan *rover* saat akuisisi data, dan lain-lain) terhadap nilai ketelitian geometri tertentu menggunakan UAV PPK tanpa titik kontrol tanah.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai metode *filtering* DSM ke DTM untuk mendapatkan akurasi vertikal yang tinggi seperti teknik *Cloth Simulation Filtering* (CSF), *Parameter-Free Ground Filtering* (Mongus), *Simple Morphological Filtering* (SMRF) dan *Slope Based Filtering* (SBF).
4. Perlu dilakukan *upgrade system* melalui instalasi *LED shutter camera synchronize* pada salah satu *arm* UAV PPK untuk mengatasi perbedaan waktu antara pemotretan kamera dengan perekaman sinyal pada *rover* PPK saat akuisisi data foto udara.

DAFTAR PUSTAKA

Buku dan Jurnal

- Aber, J, Marzloff, I, & Ries, J 2010, 'Small-format aerial photography: Principles, techniques and geoscience applications', Elsevier Science, Amsterdam
- Afani, IYN, Yuwono, BD, & Bashit, N 2019, 'Optimalisasi Pembuatan Peta Kontur Skala Besar Menggunakan Kombinasi Data Pengukuran Terestris Dan Foto Udara Format Kecil', *Jurnal Geodesi Undip*, Volume 8, Nomor 1, hlm. 180-189
- Aji, DS, Sabri, LM, & Prasetyo, Y 2019, 'Analisis Akurasi DEM dan Foto Tegak Hasil Pemotretan dengan Pesawat Nir Awak DJI Phantom 4', *Jurnal Geodesi Undip*, Volume 8, Nomor 2, hlm. 08-18
- Badan Standardisasi Nasional 2015, *Standar Nasional Indonesia: Ketelitian Peta Dasar*, katalog no. 8202, BSN, Jakarta
- Eisenbeiss, H 2009, 'UAV Photogrammetry', Disertasi pada ETH Zurich, Switzerland
- Fitri, L 2016, 'Peran Airbone LiDAR dalam Percepatan Pembangunan Infrastruktur Kereta Cepat Jakarta – Bandung', *Prosiding Seminar Nasional 3rd CGISE dan FIT ISI 2016*, Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Gularso, H, Rianasari, H & Silalahi, FES 2015, 'Penggunaan Foto Udara Format Kecil Menggunakan Wahana Udara Nir-Awak dalam Pemetaan Skala Besar', *Jurnal Ilimiah Geomatika*, Volume 21, Nomor 1, hlm. 37-44
- Hisanah, NN, Subiyanto, S, & Nugraha, AL 2015, 'Kajian Teknis Penerapan Generalisasi Peta Rupabumi Indonesia (RBI)', *Jurnal Geodesi Undip*, Volume 4, Nomor 4, hlm. 248-256
- Husna, SN, Subiyanto, S, & Hani'ah 2016, 'Penggunaan Parameter Orientasi Eksternal (EO) untuk Optimalisasi Digital Triangulasi Fotogrametri untuk Keperluan Ortofoto', *Jurnal Geodesi Undip*, Volume 5, Nomor 4, hlm. 178-187
- Ihsan, M & Sugandi, D 2019, 'Pemanfaatan Produk Fotogrametri Digital untuk Media Pembelajaran', *Jurnal Geografi Gea*, Volume 19, Nomor 2, hlm. 113-122
- Juhadi 2009, 'Fungsi dan Aplikasi Peta Rupabumi Untuk Pembelajaran di Sekolah', *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Geografi*, Volume 1, Nomor 2

- Marbawi, M, Yuwono, BD & Sudarsono, B 2015, 'Analisis Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan GNSS RTK-Radio dan RTK-NTRIP pada Stasiun CORS UNDIP', *Jurnal Geodesi Undip*, Volume 4, Nomor 4, hlm. 297-306
- Martiana, DN, Prasetyo, Y & Wijaya, AP 2017, 'Analisis Akurasi DTM Terhadap Penggunaan Data *Point Clouds* Dari Foto Udara dan LAS LIDAR Berbasis Metode Penapisan *Slope Based Filtering* dan *Algoritma Macro Terrasolid*', *Jurnal Geodesi Undip*, Volume 6, Nomor 1, hlm. 293-302
- Micheletti, N, Chandler, JH & Lane, SN 2015, 'Structure from Motion (SfM) Photogrammetry', *Geomorphological Techniques*, Volume 2, Nomor 2.2, hlm. 01-12
- Noor, D 2012, Pengantar Geologi, Universitas Pakuan, Bogor
- Primaswari, KN, Suwardhi, D, & Hernandi, A 2016, 'Pengaruh Perbaikan Kualitas Foto Terhadap Ketelitian Hasil Fotogrametri – Wahana Udara Nir Awak', *Prosiding Seminar Nasional 3rd CGISE dan FIT ISI 2016*, Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Purwanto, TH 2017, 'Pemanfaatan Foto Udara Format Kecil untuk Ekstraksi Digital Elevation Model dengan Metode Stereoplotting', *Jurnal Majalah Geografi Indonesia*, Volume 31, Nomor 1, hlm. 73-89
- Rostianingsih, S & Gunadi, K 2004, 'Pemodelan Peta Topografi ke Objek Tiga Dimesi', *Jurnal Informatika*, Volume 5, Nomor 1, hlm. 14-21
- Sandau, R, Beisl, U, Braunecker, B, Cramer, M, Driescher, H, Eckardt, A, Fricker, P, Gruber, M, Hilbert, S, Jacobsen, K, Jagschitz, W, Jahn, H, Kirchofer, W, Neumann, KJ, Schönermark, Mv, & Tempelmann, U 2010, *Digital Airborne Camera: Introduction and Technology*, Springer Science & Business Media, Berlin, Germany
- Safi'i, AN & Aditya, A 2017, 'Akurasi Pengukuran GPS Metode RTK-NTRIP Menggunakan INA-CORS BIG Studi Kasus di Sumatera Utara', *Prosiding Seminar Nasional Geomatika 2017*, Bidang Penelitian Pusat Penelitian, Promosi, dan Kerja Sama Badan Informasi Geospasial, Bogor
- Sari, A & Khomsin 2014, 'Analisa Perbandingan Ketelitian Penentuan Posisi Dengan GPS RTK-NTRIP dengan *Base* GPS CORS BIG dari Berbagai Macam *Mobile Provider* Didasarkan Pada Pergeseran Linear (Studi Kasus: Surabaya)', *GEOID*, Volume 10, Nomor 1, hlm. 47-51

- Snavely, N, Simon, I, Goesele, M, Szeliski, R & Seitz, SM 2010, 'Scene Reconstruction and Visualization from Community Photo Collections', *Proceedings of the IEEE*, Volume 98, Nomor 8, hlm. 1370-1390
- Sugiyono 2014, *Statistik untuk Penelitian*, Alfabeta, Bandung
- Sujarweni, W 2014, *Metodologi Penelitian*, Pustaka Baru Press, Yogyakarta
- Susetyo, DB & Gularso, H 2018, 'Analisis Akurasi Pemetaan Menggunakan *Direct Georeferencing*', *Geomatika*, Volume 24, Nomor 2, hlm. 99-106
- Taftazani, MI, Andaru, R & Rahardjo, U 2016, 'Pengukuran Titik Kontrol Tanah dan Pemotretan Udara UAV Kawasan Titik Nol Kilometer Yogyakarta', *Prosiding Seminar Nasional 3rd CGISE dan FIT ISI 2016*, Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Tamtomi, MY, Sulistiyanti, SR, & Komarudin, M 2016, 'Rancang Bangun Wahana Udara Tanpa Awak VTOL-UAV Sebagai Wahana Identifikasi Dini Kondisi Udara Berbasis Video Sender', *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, Volume 10, Nomor 3, hlm. 194-204
- Ulfiani, DFD, Suwardhi, D & Wisyantono, D 2016, 'Kajian Pemetaan Digital Skala Besar Berbasis Teknologi Fotogrametri UAV dan Close Range', *Prosiding Seminar Nasional 3rd CGISE dan FIT ISI 2016*, Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Wardana, KPW, Subiyanto, S & Hani'ah 2019, 'Analisis Tinggi Tanaman Padi Menggunakan Model 3d Hasil Pemotretan Uav Dengan Pengukuran Lapangan', *Jurnal Geodesi Undip*, Volume 8, Nomor 1, hlm. 378-387
- Westoby, MJ, Brasington, J, Glasser, NF, Hambrey, MJ, & Reynolds, JM 2012, "Structure-from-Motion" photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications', *Journal Geomorphology*, Volume 179, hlm. 300-314
- Wikantika, K 2006, 'Aspek Ketelitian Planimetrik Citra Satelit *Quickbird* dalam Pembuatan Peta Garis Skala Besar', *Jurnal ITENAS*, Volume 10, Nomor 2, hlm. 58-63
- Wolf, PR 1993, *Elemen Fotogrametri Dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh, Edisi Kedua, Penerjemah: Gunadi, Gunawan, T, Zuharnen*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Zhang, H, Jague, EA, Clapuyt, F, Wilken, F, Vanacker, V & Oost KV 2019, 'Evaluating the potential of post-processing kinematic (PPK)

georeferencing for UAV-based structure-from-motion (SfM) photogrammetry and surface change detection’, *Earth Surface Dynamics*, Volume 7, Nomor 3, hlm. 807–827

Peraturan Perundang-Undangan

Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar

Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Perubahan atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar

Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional Nomor 21 Tahun 2019 tentang Peta Dasar Pertanahan

Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 1 Tahun 2020 tentang Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar Untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar

Website

Aerogeosurvey 2016, ‘Apa itu Ground Sampling Distance (GSD) atau Resolusi Spasial’, web diposting pada 19 September 2016, dilihat pada 08 Februari 2020, <http://aerogeosurvey.com/2016/09/19/apa-itu-ground-sampling-distance-gsd-atau-resolusi-spasial/>

BIG 2018, ‘DEMNAS Seamless Digital Elevation Model (DEM) dan Batimetri Nasional’, web diposting pada 2018, dilihat pada 19 Januari 2020, <http://tides.big.go.id/DEMNAS/DEMNAS.php>

BIG 2018, ‘Pemodelan geoid Indonesia’, web diposting pada 2018, dilihat pada 03 Juli 2020, <https://srgi.big.go.id/geoid-active>

BPS 2018, ‘Kecamatan Ngemplak Dalam Angka 2018’, web diposting pada 26 September 2018, dilihat pada 08 Juni 2020, <https://slemankab.bps.go.id/publication/2018/09/26/547a444c41f9d1c7a625d850/kecamatan-ngemplak-dalam-angka-2018.html>

BPS 2019, ‘Kecamatan Pakem Dalam Angka 2019’, web diposting pada 26 September 2019, dilihat pada 08 Juni 2020,

<https://slemankab.bps.go.id/publication/2019/09/26/659319e81960cc804bbe451f/kecamatan-pakem-dalam-angka-2019.html>

Bramasta, DB 2019, '5 Visi Jokowi untuk Indonesia...', web diposting pada 20 Oktober 2019, dilihat pada 18 Januari 2020, <https://www.kompas.com/tren/read/2019/10/20/151257765/5-visi-jokowi-untuk-indonesia?page=all>

DJI 2015, 'Phantom 3 Professional Specs', web diposting pada tahun 2015, dilihat pada 07 Juli 2020, <https://www.dji.com/id/phantom-3-pro/info>

gpslands 2019, email, 27 September 2019

Hakim, I 2019, 'Garis Kontur: Pengertian, Peraturan, serta Cara Membuat dan Membacanya', web diposting pada 02 Februari 2019, dilihat pada 20 Januari 2020, <https://insanpelajar.com/garis-kontur/>

Kementerian PPN/Bappenas 2019, *Rancangan Awal Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020 – 2024*, web diposting pada 2019, dilihat pada 14 Februari 2020, <https://www.bappenas.go.id/files/Narasi%20Rancangan%20Awal%20RPJMN%202020-2024.pdf>

Kumar, H 2017, '3D Landscape (DSM/DTM) Service', web diposting pada tahun 2017, dilihat pada 11 Februari 2020, <https://www.satpalda.com/blogs/3d-landscape-dsmdtm-service>

Pemerintah Kabupaten Sleman 2019, 'Penggunaan Lahan Kabupaten Sleman', web diposting pada 2019, dilihat pada 22 Januari 2020, http://geoportal.slemankab.go.id/layers/geonode:_3404_50kb_ar_penggunaan_lahan_sleman_dpnr_2017/metadata_detail

Pemerintah Provinsi DIY 2019, 'Batas Administrasi DIY (Permendagri)', web diposting pada 2019, dilihat pada 22 Januari 2020, http://gis.jogjaprov.go.id/layers/geonode_data:geonode:admin_diy_permendagri

Pix4d 2019, '*Ground Sampling Distance (GSD)*', web diposting pada tahun 2019, dilihat pada 08 Februari 2020, <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202559809-Ground-sampling-distance-GSD>

Wiratama, C 2016, 'Unmanned Aerial Vehicle (UAV)', web diposting pada 27 Mei 2016, dilihat pada 12 Januari 2020, <http://aeroengineering.co.id/2016/05/unmanned-aerial-vehicle-uav/>

Zonaspasial 2019, 'Penentuan Posisi Pada Survei Foto Udara dengan Pesawat Nirawak', web diposting pada 30 Oktober 2019, dilihat pada 09 Februari 2020, <https://zonaspasial.com/2019/10/penentuan-posisi-pada-survei-foto-udara-dengan-pesawat-nirawak/>