

MAPPING THE HERITAGE AREA IN SITES OF SAMBISARI TEMPLE USING KITE AERIAL PHOTOGRAPHY (KAP) METHOD

Lukman Fajar Rahmadani
lukmanrahmadani@gmail.com

Barandi Sapta W., S.Si, M.Sc.
barandi@geo.ugm.ac.id

ABSTRACT

Indonesia, which has many cultural relics such as temples, really need spatial data to conserve it. Remote sensing imagery is one of data that can be used for this purpose. Generally, using remote sensing imagery faces many problems like time of acquisition data, cloud cover, and the difficulty to recognize objects that lies below the ground like Sambisari temple. This research is a experimental research which has a purpose to build a system and standard of operation in pre-acquisition, acquisition, and post-acquisition data processes and hopefully the result can used as an alternative to obtain high resolution spatial data. This purpose can be achieved using one of remote sensing method, it's kite aerial photography for aerial photograph of Sambisari temple, Kalasan, Sléman, Yogyakarta.

Mapping method using Kite vehicle (kite aerial photography) is constructed from Rokkaku kite vehicle, canon camera shoots 2500 IS power shoot system which is equipped with CHDK system, also picavet and camera rig as mounting. Data acquisition process was done by considering the weather conditions and wind conditions in research area. Shooting process was done automatically with CHDK (Canon Hack Development Kit) that was installed in the camera. The processing was done by photos selecting, photos reconstructing, and photos georegistering using GCP through field surveys with GPS Geodetic, photos rectification, and photo mosaic that will generate DSM, orthophoto and map objects temple.

The results of acquisition data process is a DSM imagery, orthophoto imagery, and 3-dimensional representation pf the objects. The DSM imagery has 97,37% of vertical accuracy, and the orthophoto imagery has 98,2% of horizontal accuracy which both are remote sensing data that can be used document and simple, inexpensive, and up to date map of temple consercation area.

Keywords: Concervation area, heritage, remote sensing, kite aerial photography.

PEMETAAN KAWASAN CAGAR BUDAYA SITUS CANDI SAMBISARI MENGUNAKAN METODE *KITE AERIAL PHOTOGRAPHY* (KAP)

Lukman Fajar Rahmadani
lukmanrahmadani@gmail.com

Barandi Sapta W., S.Si, M.Sc.
barandi@geo.ugm.ac.id

ABSTRAK

Indonesia memiliki banyak peninggalan budaya seperti candi yang saat ini sangat membutuhkan data spasial untuk melestarikan kawasan cagar budaya tersebut yang salah satunya dapat menggunakan data penginderaan jauh. Data penginderaan jauh umumnya memiliki kendala – kendala seperti biaya yang mahal, waktu perekaman yang tidak tepat waktu, terkendala awan dan sulit mengenali objek yang berada di bawah permukaan tanah seperti Candi Sambisari. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan tujuan membangun sistem serta standar operasional dalam proses pra akuisisi data, akuisisi data hingga pasca akuisisi data yang hasilnya diharapkan mampu menjadi alternatif perolehan data spasial yang memiliki resolusi tinggi dengan memanfaatkan salah satu metode penginderaan jauh yaitu *Kite Aerial Photography* (KAP) untuk pemotretan udara Candi Sambisari, Kalasan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Metode penelitian dengan akuisisi data menggunakan wahana layang – layang (*kite aerial photography*) dibangun dengan wahana layang - layang *Rokkaku*, kamera canon power shoot 2500 IS yang dilengkapi sistem CHDK (*Canon Hack Development Kit*), picavet dan rig kamera sebagai mounting. Proses akuisisi data dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi cuaca dan angin daerah penelitian. Proses pemotretan dilakukan secara otomatis dengan bantuan CHDK yang terinstal pada kamera. Proses pengolahan dilakukan dengan pemilihan foto, rekonstruksi foto, georegistrasi foto yang dibantu dengan data GCP melalui survei lapangan dengan GPS Geodetik, rektifikasi foto dan mosaik foto. yang akan menghasilkan DSM, dan Orthophoto.

Hasil akuisisi data yang diperoleh dapat menghasilkan citra DSM (*Digital Surface Model*), Citra Orthophoto dan wujud bangunan 3 dimensi. Citra DSM (*Digital Surface Model*) yang dihasilkan memiliki akurasi vertikal sebesar 97,37%, sedangkan citra Orthophoto memiliki akurasi horizontal sebesar 98,2% yang dapat digunakan sebagai salah satu sumber data penginderaan jauh berupa dokumen serta peta kawasan konservasi candi yang relatif sederhana, murah, dan mutakhir.

Kata kunci : Kawasan konservasi, cagar budaya, penginderaan jauh, *kite aerial photography*.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak obyek peninggalan sejarah yang tersebar di berbagai pulau di seluruh Indonesia, dan sebagian besar sekaligus merupakan obyek wisata sejarah. Salah satu jenis peninggalan sejarah ini adalah candi. Candi merupakan bangunan peninggalan kebudayaan purba yang terbuat dari susunan batu atau bata berhubungan erat dengan keagamaan, sehingga bersifat suci. Adapun tujuan dari dibangunnya candi ialah untuk memuliakan orang yang telah wafat, khususnya para raja atau orang – orang terkemuka (R. Soekmono, 1981). Salah satu candi yang menarik untuk dikunjungi adalah Candi Sambisari yang terletak di Kecamatan Kalasan. Candi Sambisari memiliki keunikan tersendiri yakni letaknya 6,5 meter dibawah permukaan tanah dengan ketinggian sebenarnya sekitar 7,5 meter, dibagian luar candi terdapat tembok yang mengelilingi berukuran 50 m x 48 m. Letak yang dibawah permukaan tanah membuat situs candi sambisari akan terlihat pendek (Kurniawan, 2013).

Pengelolaan kawasan konservasi obyek wisata candi sambisari yang baik dapat dilakukan dengan menggunakan data spasial dan non spasial yang lengkap guna menunjang kepariwisataan. Perolehan data spasial dapat dilakukan dengan penggunaan penginderaan jauh, sedangkan data non spasial dapat diperoleh dari kegiatan survey dilapangan guna menghasilkan data yang lebih baik. Peran penginderaan jauh yang sekarang telah berkembang dengan pesat dari segi resolusi spasial, resolusi temporal, maupun resolusi spektral sebagai sarana untuk menghasilkan data spasial. Produk – produk hasil citra penginderaan jauh telah banyak dipasaran dan sebagian besar mampu menghadirkan data spasial yang lengkap. Namun, penyediaan citra penginderaan jauh yang mahal, waktu perekaman yang tidak tepat waktu dan terkendala awan pada saat perekaman menjadi suatu kekurangan dari peran penginderaan jauh.

Seiring dengan kebutuhan data spasial yang semakin tinggi, peran *Small Format Aerial Photography* telah mampu meningkatkan kemampuan dari citra penginderaan jauh. Perkembangan wahana dan sensor semakin maju, penggunaan wahana layang-layang yang sederhana hingga wahana pesawat tanpa awak yang sarat dengan teknologi dan perangkat yang lebih kompleks telah banyak mengalami kemajuan, sedangkan sensor sebagai alat untuk mengindera atau merekam obyek banyak mengalami kemajuan. Kamera sekarang sudah mampu menghadirkan resolusi yang cukup tinggi.

Dalam sistem *Kite aerial photography* (KAP) memiliki keunggulan dan kelemahan. Keunggulan yang dimiliki sistem KAP adalah memberikan alternatif yang mudah, murah dan cepat untuk kajian yang memerlukan data yang memiliki resolusi tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan data citra penginderaan jauh lainnya. Sedangkan kelemahan yaitu bergantung pada kondisi cuaca yang cerah, kondisi angin dan keterbatasan dalam pergerakan sehingga tidak memerlukan jalur terbang.

KAP dapat digunakan untuk monitoring, mapping dan pemodelan 3D sebagai alternatif untuk penelitian. Sistem KAP ini sendiri tidak begitu rumit hanya dengan menggunakan perlengkapan layang-layang yang dilengkapi dengan perlengkapan fotografi udara seperti kamera digital, mounting yaitu rig kamera serta picavet dan bahkan dapat ditambahkan dengan menggunakan radio kontrol guna mengatur posisi kamera, zooming serta pengambilan gambar.

METODE PENELITIAN

Secara garis besar penelitian ini adalah Membuat sistem KAP untuk pemetaan dimulai dengan perencanaan penerbangan, perolehan data hingga proses analisis data untuk menghasilkan data *Digital surface model* (DSM) dan citra *Orthophoto*.

- *Alat dan Bahan*

Alat yang digunakan adalah layangan *Rokkaku* sebagai wahana, picavet dan rig kamera sebagai tempat dan mounting kamera, kamera pocket canon 2500 is yang dibubuhi dengan sistem CHDK (*canon hack development kit*) sebagai alat perekam dan GPS geodetik untuk memperoleh *ground control point* dilapangan sedangkan perangkat lunak yang digunakan untuk tahap pengolahan data foto menggunakan *Agisoft Photoscan Professional* © serta perangkat lunak *sistem informasi geografis* (SIG) untuk penyusunan peta.

Wahana perekaman yang digunakan adalah layang-layang jenis *Rokkaku*. Layang – layang *Rokkaku* termasuk dalam layangan jenis *rigid kites* atau layangan kaku dengan keunggulan dapat mempertahankan bentuk aerodinamis (James Aber, 2010). Wahana yang digunakan memiliki panjang 1,7 meter dan lebar 1,38 meter. Layangan ini terbuat dari bambu sebagai kerangka layangan dan kain.



Gambar 1. Alat – alat yang digunakan antara lain layang – layang rokkaku, picavet, rig kamera dan kamera pocket canon 2500 IS.

Picavet dan rig kamera yang digunakan terbuat dari bahan plat strip aluminium. Kedua alat ini memiliki fungsi sebagai monting agar kamera tetap pada posisi perekaman dan tempat menempatkan kamera saat akuisisi data.

Pemilihan menggunakan kamera pocket canon 2500 is adalah karena ini dapat ditambahkan fitur *Canon Hack Development Kit* (CHDK) merupakan sebuah fitur tambahan yang dapat

dimasukan kedalam sistem kamera. Sistem ini mampu membuat kamera pocket canon dapat memotret secara otomatis tanpa dibatasi jumlah frame yang dihasilkan tergantung dari kapasitas memori yang dipakai dan daya baterai.



Gambar 2. Setting intervalometer pada menu CHDK.

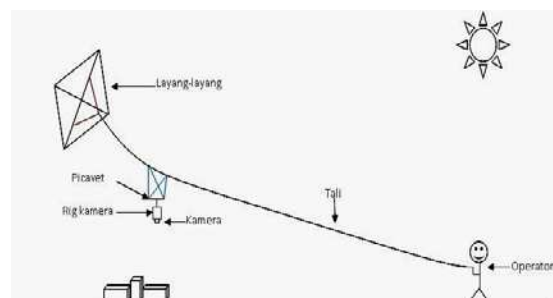
GPS geodetik spectra yang dipakai digunakan untuk memperoleh *ground control point* dilapangan guna untuk proses rektifikasi foto selanjutnya.



Gambar 3. Pengambilan *ground control point* dengan GPS geodetik.

Sementara perangkat lunak yang digunakan adalah *Agisoft Photoscan Professional* untuk pengolahan data foto menjadi sumber data yang dapat digunakan dan perangkat lunak *Sistem Informasi Geografi* (SIG) untuk interpretasi visual serta penyusunan peta akhir.

Untuk dapat membangun *sistem kite aerial photography* hal yang harus ada adalah wahana yang dipakai, picavet dan rig kamera, kamera yang digunakan, tali layangan serta operator wahana.



Gambar 4. Ilustrasi sistem *kite aerial photography*.

- *Perencanaan penerbangan*

Hal yang perlu dipenuhi dalam perencanaan penerbangan adalah waktu perekaman yang didasarkan pada hasil analisis terhadap pola arah angin, kecepatan angin dan kondisi cuaca mingguan. Dari hal tersebut sangat perlu didalam sistem KAP karena pola arah angin akan menentukan posisi layangan dan kamera berada pada posisi yang ideal (tidak keluar dari area kajian) guna merekam obyek, kemudian kecepatan angin digunakan untuk menerbangkan layang – layang *rokkaku* dengan kriteria kecepatan angin permukaan memiliki kecepatan minimal 1,4 m/s yang biasa terjadi pada jam 15.00 wib sampai dengan 17.00 wib dan terakhir adalah kondisi cuaca berpengaruh dalam keberhasilan akusisi data dimana jika cuaca mendung dan berpotensi hujan akan berdampak dalam ketidak berhasilan perolehan data serta obyek yang terekam tidak dapat dikenali. Untuk cuaca idealnya adalah cuaca yang cerah.



Gambar 5. Pengukuran kecepatan angin dengan alat *anemometer*.

Selain hal diatas pertimbangan yang perlu dilakukan adalah pada skala, ketinggian dan luas cakupan yang sudah direncanakan sebelum pemotretan. Skala dapat dihitung guna untuk mengetahui skala yang dihasilkan, skala disini adalah skala sensor. Ketinggian terbang juga dapat dihitung yang mana ketinggian terbang nantinya digunakan untuk proses akusisi data guna untuk memperoleh skala yang sudah direncanakan, sedangkan luas cakupan digunakan untuk mengetahui keseluruhan area yang dapat direkam dengan pertimbangan skala dan tinggi terbang.

Tak lepas dari perencanaan perekaman, perencanaan perolehan GCP melalui survei lapangan menggunakan alat GPS geodetik perlu dilakukan. Perencanaan GCP yang dilakukan meliputi penentuan dan pengukuran GCP tanah. Tujuan memasang GCP pada obyek dilapangan adalah untuk kunci akurasi geometrik foto udara, sehingga foto udara yang dihasilkan memiliki sistem koordinat.

- *Proses akusisi data.*

Proses akusisi data dapat berjalan lancar jika sistem *kite aerial photography* sudah terinstalasi baik wahana, picavet, rig kamera, kamera, serta tali layang – layang. Kondisi kecepatan angin, arah angin dan cuaca juga terpenuhi.

Dalam proses akusisi data kamera yang sudah terinstalasi dalam rig kamera dan picavet dapat di letakan pada tali layangan dengan kondisi layangan sudah berada diatas (terbang). Kondisi tersebut akan meminimalisir resiko kamera jatuh ke tanah dikarenakan wahana tidak dapat terbang dikarenakan tidak adanya angin. Mengingat bahwa kondisi angin baik kecepatan angin dan arah angin tidak stabil dalam satu waktu.

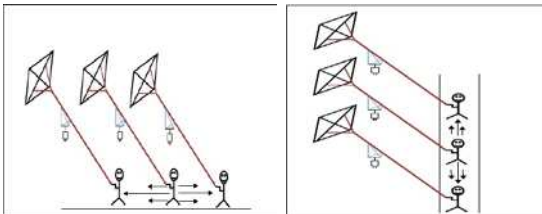


Gambar 6. Proses penerbangan wahana *rokkaku*.

Pengsetan sistem CHDK pada kamera dapat dilakukan ketika wahana mampu terbang dengan sempurna, sehingga perolehan data foto yang didapat akan dimulai dari bawah hingga keatas sehingga akan banyak data foto yang tidak digunakan karena memiliki kesamaan obyek.

Agar dapat memotret seluruh area kajian, sistem navigasi yang dilakukan

dengan perpindahan posisi operator dan atau jarak tali layangan. Peran operator sangat penting dimana dalam sistem *kite aerial photography* memiliki keterbatasan dalam pergerakan wahana. Untuk itu operator akan berjalan baik maju mundur maupun bergerak kesamping kanan kiri guna menghasilkan foto yang memiliki tingkat perbedaan yang signifikan.



Gambar 7. Pergerakan operator (a) Maju dan mundur, (b) Kekiri dan Kanan.

Perpindahan dari posisi awal ke posisi berikutnya tidak semata hanya berpindah tetapi ketika mencapai pada posisi yang diinginkan, operator akan diam pada posisi tersebut selama 15 detik. Asumsi diam selama 15 detik adalah bahwa kamera akan memotret obyek secara otomatis dalam 2 detik, namun akan menghasilkan beberapa foto yang sama.

- *Proses pra-akuisisi data.*

Proses awal yang dilakukan adalah pemilihan foto. Pemilihan foto didasarkan pada tidak adanya jalur terbang dan besarnya endlap yang dihasilkan ketika proses akuisisi data berdampak pada jumlah hasil foto yang diperoleh, untuk itu pemilihan foto dilakukan terhadap foto – foto yang memiliki perbedaan obyek antara foto yang satu dengan yang lainnya guna proses mosaik foto yang menghasilkan gambaran area secara keseluruhan tanpa adanya kekurangan obyek.

Tahap kedua adalah rekonstruksi foto digunakan untuk menyatukan semua hasil foto dan membangun sebuah model yang sudah mengalami tahap pemilihan foto sebelumnya. Frame foto yang memiliki perbedaan arah sudut pandang kamera akan dikoreksi secara otomatis sehingga akan menghasilkan model yang diharapkan namun model yang dihasilkan masih kasar.

Tahap ketiga adalah georegistrasi foto dapat dilakukan menggunakan data dari survey geodetik terhadap obyek – obyek yang sebelumnya direncanakan untuk *ground control point* (GCP). Dengan tidak adanya marker buatan sebagai tanda GCP dilapangan, maka pembubuhan GCP pada foto dilakukan dengan cara menyamakan obyek dilapangan dengan citra foto sehingga citra foto yang dihasilkan memiliki referensi koordinat serta data ketinggian yang sebenarnya.

Tahap keempat adalah proses rektifikasi foto yang merupakan proses mendapatkan citra foto baru yang sudah memiliki sistem koordinat geografis dan citra foto (*single image*) yang mempertahankan geometrik obyek yang terekam. Hasil yang diperoleh merupakan hasil dari tahap sebelumnya yaitu proses koreksi sensor serta proses georegistrasi foto dengan data hasil pengukuran survei GCP. *Single image* yang dihasilkan dari pemotretan udara yang sudah mengalami pemrosesan akan menghasilkan citra foto yang tereferensi dengan koordinat bumi. Hasil yang didapatkan dari pengolahan data diatas adalah data DSM (digital surface model) dan citra orthophoto.

HASIL DAN PEMBAHASAN

- *Sistem kite aerial photography.*

Dari sistem *kite aerial photography* terdapat hal – hal yang harus diperhatikan didalam keberhasilan proses akuisisi data. Hal tersebut adalah kondisi kecepatan angin dan cuaca pada daerah kajian. Kondisi kecepatan angin akan selalu berubah untuk itu perlu adanya survei pendahuluan terhadap kondisi kecepatan angin dimana peran angin sangat berpengaruh untuk keberhasilan proses akuisisi data, sedangkan cuaca lebih baik dalam kondisi yang cerah, dimana dalam kondisi cerah obyek yang terekam akan dapat diidentifikasi dengan mudah.

Selain kondisi cuaca, perlu adanya pengecekan terhadap alat – alat dalam sistem *kite aerial photography* dimulai pada wahana, picavet, rig kamera serta

kamera yang digunakan agar alat yang digunakan dapat berfungsi sesuai dengan fungsi dan kinerja masing - masing.

Kendala yang dihadapi adalah perubahan kondisi kecepatan angin yang membuat proses penerbangan wahana dilakukan berkali – kali. Perubahan tersebut dipengaruhi oleh adanya penghalang – penghalang yang ada dilapangan baik pepohonan yang tinggi, bangunan yang banyak sehingga angin akan cenderung menghantam penghalang sebelum sampai pada area penerbangan. Pemilihan area untuk penerbangan perlu dilakukan dengan kriteria area yang luas dan sedikit penghalang.

Hasil yang didapatkan ketika proses akuisisi data adalah foto – foto lepas daerah kajian yang selanjutnya dapat diturunkan menjadi hasil DSM (*digital surface model*) dan citra orthophoto.



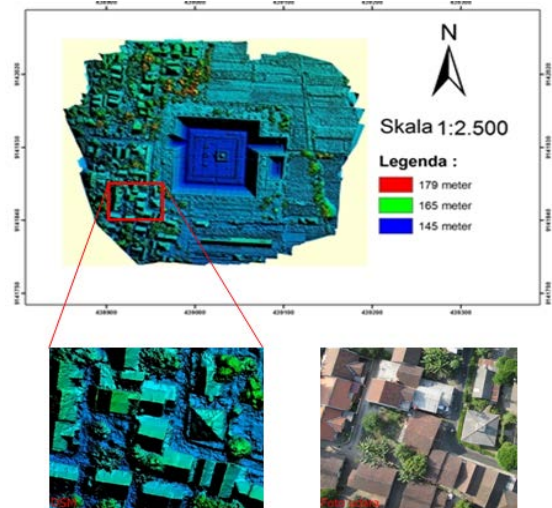
Gambar 8. Foto lepas daerah kawasan candi sambisari.

- DSM (*digital surface model*)

DSM (*digital surface model*) yang dihasilkan menggambarkan topografi permukaan bumi termasuk tutupan lahan seperti vegetasi dan bangunan yang ada disekitar kawasan konservasi cagar budaya candi sambisari.

Uji akurasi vertikal DSM dilakukan pada 6 sampel obyek dengan membandingkan data ketinggian dilapangan dengan data ketinggian pada modek DSM. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai akurasi sebesar sebesar 97,37%. Akurasi yang diperoleh tersebut banyak dipengaruhi oleh kualitas geometrik obyek yang mana jika kualitas geometik citra bagus maka hasilnya akan bagus.

Sedangkan hasil perhitungan RMSE didapatkan nilai 0,66 yang berarti bahwa tinggi obyek pada DSM memiliki kesalahan sekitar 0,66 meter jika dibanding dengan data hasil survei lapangan yang dalam penelitian ini data hasil survei lapangan dianggap benar.



Gambar 9. hasil DSM daerah konservasi kawasan candi sambisari dan perbesaran gambar tampak bahwa model elevasi yang dihasilkan mencakup tutupan lahan (permukiman).



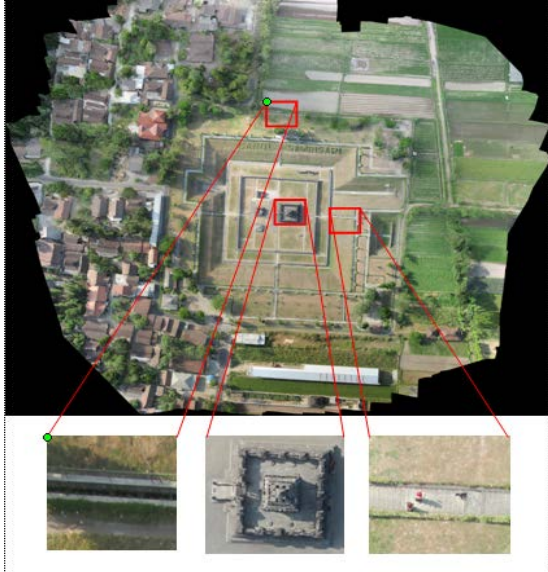
Gambar 10. Model 3 dimensi kawasan candi sambisari

- Citra orthophoto.

Citra orthophoto diperoleh dari perbaikan – perbaikan terhadap kemiringan obyek akibat efek *tilt* serta penyamaan skala akibat perbedaan ketinggian pada masing – masing foto dan juga perubahan proyeksi central pada foto udara menjadi proyeksi orthogonal. Secara menyeluruh orthophoto menggambarkan obyek pada posisi yang benar sehingga dapat

digunakan sebagai sumber data dalam pemetaan.

Hasil orthophoto yang didapatkan memiliki resolusi spasial sebesar 0,01 meter yang diketahui dari perangkat lunak yang digunakan. Dalam resolusi spasial tersebut obyek terkecil seperti saluran irigasi, wisatawan candi, maupun batu – batu candi dapat diidentifikasi dengan mudah dan jelas.



Gambar 3. Citra ortophoto daerah konservasi kawasan cagar budaya candi sambisari dan perbesaran obyek terkecil yang dapat dikenali.

Setelah diuji akurasi horizontal hasil yang didapatkan sebesar 98,2% dari 8 sampel obyek dengan membandingkan data panjang obyek dilapangan dengan data panjang obyek pada citra orthophoto.

KESIMPULAN

1. Pembangunan sistem dan standart operasional menggunakan metode *Kite Aerial Photography* terdiri dari 3 tahapan untuk menghasilkan data spasial yaitu : tahap pra akuisisi data, tahap akuisisi data dan tahap pasca akuisisi data. Tahap pra akuisisi data terdiri dari pembuatan dan perakitan wahana, instalisasi CHDK ke dalam kamera, pembuatan serta perakitan mounting, perencanaan GCP dan perencanaan penerbangan. Tahap akuisisi data terkait dengan faktor

kondisi arah angin dan cuaca dilapangan yang mempengaruhi keberhasilan pemotretan. Tahap terakhir (pasca akuisisi data) yaitu mengolah hasil data pemotretan menjadi data spasial.

2. Data spasial hasil pemotretan dengan sistem *Kite Aerial Photography* memiliki akurasi vertikal sebesar 97,37% dan akurasi horizontal yang didapatkan sebesar 98,8% dengan perbedaan selisih objek dibawah 1 meter sehingga layak digunakan sebagai salah satu alternatif sumber data spasial.

DAFTAR PUSTAKA

- Aber, J.S., Aber, W.S. 2002. Unmanned Small-Format Aerial Photography From Kites For Acquiring Large-Scale, High-Resolution, Multiview-Angle Imagery. Paper. citeseerx.ist.psu.edu.
- Aber, J.S., Marzolf, I., and Ries, J.B. 2010. *Small-Format Aerial Photography Principles, Techniques and Geoscience Applications*. Amsterdam: Elsevier
- Kurniawan, D. 2013. *Wisata Yogyakarta*. Diakses dari <http://yogyakarta.panduanwisata.com> tanggal 5 April 2014.
- Lambrick, G. 2008. Aerial Archaeology in Ireland. Paper. heritagecouncil.ie.
- Liilesand & Kiefer. 1979. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons. Terjemahan oleh Dulbahari dkk dengan judul *Penginderaan Jauh dan Interpretasi citra* (1990). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Nurtesia, Y.T. 2012. Prototype Penggunaan Aerial Videography Untuk Akuisisi Data Geometrik Jalan Sebagai Masukan Evaluasi Tingkat Pelayanan Jalan. *Skripsi*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.
- Paine, D.P. 1981. *Fotografi Udara dan Penafsiran Citra Untuk Pengelolaan Sumber Daya* (Terjemahan). Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

- Pauly, K., Clerck, O.D. 2010. *Low-cost very high resolution intertidal vegetation monitoring enabled by near-infrared kite aerial photography*. Paper. vliz.be.
- Presiden Republik Indonesia. 1992. *Undang-undang RI Nomor 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya*. Jakarta : Dewan Perwakilan rakyat.
- Prihantarto, W.J. 2012. Pemanfaatan Foto Udara Digital Inframerah Berwarna Format Kecil Dari Wahana Pesawat Model Untuk Pemetaan Kerusakan Tanaman Padi (*Oryza Sativa*) Akibat Serangan Hama Tikus Sawah (*Rattus Argentiventer*). *Skripsi*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.
- Rosaji, F.S.C. 2012. Optimalisasi Teknologi Aerial Videography sebagai Alternatif Produk Data Penginderaan Jauh. *Skripsi*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.
- Soeta'at. 2001. *Sistem dan Transformasi Koordinat*. Diktat Kuliah. Yogyakarta : Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Soekmono, R. 1981. *Pengantar Sejarah Kebudayaan Indonesia 2*. Yogyakarta : Kanisius.
- Sutanto. 1987. *Penginderaan Jauh Jilid 2*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Tim Fakultas Geografi. 2005. *Pedoman Penulisan Usulan Penelitian dan Skripsi*. Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Geografi UGM.
- Tim Asisten Fakultas Geografi. 2013. *Modul Praktikum Fotogrametri Dasar*. Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Geografi UGM.
- Wolf, P. R., 1981, *Elemen Fotogrammetri*, Penerj. Gunadi, Gunawan, T., dan Zuharnen, Edisi Kedua. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Wolf, P. R., 1993, *Elemen Fotogrammetri dengan Interpretasi Fotu Udara dan Penginderaan Jauh*, Edisi Kedua. **Text Book**. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Wundram, D., Loffler, J. 2007. *Kite aerial photography in high mountain ecosystem research*. Paper.uni-graz.at. <http://id.wikipedia.org/wiki/Candi>. Diakses tanggal 28 November 2013 jam 15.03.
- <http://mentalfloss.com/article/16649/history-aerial-photography>. Diakses tanggal 28 November 2013 jam 18.08.
- <http://www.geospectra.net/kite/equip/equip.htm#kites>. Diakses tanggal 28 November 2013 jam 18.08.
- http://www.geospectra.net/kite/equip/camera_rigs.htm. Diakses tanggal 28 November 2013 jam 21.05.
- <http://kap-man.de/e-pvet01.htm>. Diakses tanggal 28 November 2013 jam 22.00.
- <http://www.geospectra.net/kite/history/history.htm>. Diakses tanggal 28 November 2013 jam 22.30.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Kite_aerial_photography. Diakses tanggal 3 Desember 2013 jam 13.00.
- <http://speakwoods.blogspot.com/2013/12/chdk.htm>. Diakses tanggal 5 Januari 2014 jam 17.00.
- http://chdk.wikia.com/wiki/FAQ#Q._What_camera_models_are_supported_by_the_CHDK_program.3F. Diakses 5 Januari 2014 jam 17.15.
- <http://www.aerial-survey-base.com/what-is-gsd/>. Diakses tanggal 15 Januari jam 15.07.
- <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9407>. Diakses tanggal 15 Januari jam 19.00.