

PENGUKURAN LUAS METODE TERESTRIS MENGGUNAKAN ALAT UKUR GPS DAN METODE FOTOGRAMETRI MENGGUNAKAN FOTO UDARA UAV DI KOLAM RETENSI MUKTIHARJO KIDUL SEMARANG

Bambang Sudarsono¹, L.M. Sabri¹, Tjiong, Susilo Dinoto¹

¹Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, e-mail: bambang_f220@yahoo.com

(Diterima 03 November 2020, Disetujui 04 Desember 2020)

ABSTRAK

Semarang merupakan ibukota Provinsi Jawa Tengah yang perkembangan kotanya sangat pesat. Selain itu Semarang juga merupakan pusat perdagangan dan bisnis, pusat pendidikan dan lain-lain. Di sisi lain karena kepadatan penduduknya tinggi, maka timbul berbagai masalah antara lain terdapat kawasan kumuh, kawasan terdampak genangan banjir air pasang (rob) dan lain-lain. Kemudian untuk menanggulangi banjir Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah secara bersama-sama melakukan berbagai pembangunan prasarana fisik antara lain membangun Kolam Retensi yang terletak di wilayah Muktiharjo Kidul. Tujuan pembangunan Kolam Retensi adalah untuk menampung air ketika terjadi hujan besar di sekitar Muktiharjo Kidul, sehingga diharapkan dapat mengurangi banjir di sekitar wilayah kolam retensi. Pembangunan Kolam Retensi Muktiharjo Kidul sangat penting, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian luas area yang akan digunakan untuk menghitung kemampuan daya tampung volume kolam retensi. Pengukuran luas dilakukan dengan metode terestris menggunakan alat ukur GPS dan metode fotogrametri menggunakan foto udara UAV. Data hasil perhitungan luas Kolam Retensi dapat digunakan untuk keperluan evaluasi terhadap pembangunan Kolam Retensi Muktiharjo Kidul. Dari hasil pengukuran menggunakan alat ukur GPS metode RTK luas Kolam Retensi sebesar 53.198 m², sedangkan dari hasil pengukuran dengan menggunakan data foto udara UAV diperoleh luas sebesar 53.196 m². Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, maka pengukuran luas menggunakan foto udara UAV hasilnya cukup bagus dan mendekati pengukuran dengan alat ukur GPS.

Kata kunci : Pengukuran luas, GPS RTK, UAV, Kolam retensi

ABSTRACT

Semarang is the capital city of Central Java Province, whose city development is very fast. Apart from that Semarang is also a center for trade and business, education center and others. On the other hand, due to the high population density, various problems arise, including slum areas, areas affected by tidal flood inundation (rob) and others. Then, to cope with flooding, the Central and Local Governments are jointly carrying out various physical infrastructure developments, including building a Retention Pool located in the Muktiharjo Kidul area. The purpose of building a retention pond is to accommodate water when there is heavy rain around Muktiharjo Kidul, so that it is expected to reduce flooding around the retention pond area. The construction of the Muktiharjo Kidul Retention Pond is very important, therefore it is necessary to research the area that will be used to calculate the capacity of the retention pond volume capacity. Area measurements were carried out using the terrestrial method using a GPS measuring instrument and the photogrammetric method using UAV aerial photographs. The data from the calculation of the area of the Retention Pool can be used for the purpose of evaluating the construction of the Muktiharjo Kidul Retention Pool. From the measurement results using the GPS measuring instrument RTK method, the area of the retention pond is 53,198 m², while the measurement results using UAV aerial photo data obtained an area of 53,196 m². Based on the results of these measurements, the area measurement using UAV aerial photographs is quite good and is close to the measurement with a GPS measuring instrument.

Keywords : Area Measurement, GPS RTK, UAV, Retention pond

1. PENDAHULUAN

Semarang merupakan ibukota Provinsi Jawa Tengah yang perkembangan kotanya sangat pesat. Semarang selain sebagai pusat pemerintahan Provinsi Jawa Tengah juga merupakan pusat perdagangan dan bisnis, pusat pendidikan dan lain-lain. Di sisi lain karena kepadatan penduduknya tinggi, maka timbul berbagai masalah antara lain terdapat kawasan kumuh, kawasan terdampak genangan banjir air pasang (rob) akibat adanya penurunan permukaan tanah terutama di Semarang bagian bawah dan lain-lain.

Dari berbagai kegiatan pembangunan tersebut pada Tahun 2014 Pemerintah Kota Semarang membangun Kolam Retensi yang terletak di wilayah Muktiharjo Kidul. Tujuan pembangunan Kolam Retensi antara lain untuk menampung air ketika terjadi hujan besar di sekitar Muktiharjo Kidul, sehingga diharapkan dapat mengurangi resiko banjir di sekitar wilayah Muktiharjo Kidul.

Berdasarkan tujuan dari pembangunan Kolam Retensi Muktiharjo Kidul, maka diperlukan adanya perhitungan luas kolam retensi dan perhitungan volume daya tampung kolam retensi. Oleh karena itu akan dilakukan penelitian luas di lokasi Kolam Retensi Muktiharjo Kidul Semarang dimana datanya dapat digunakan untuk perhitungan volume kemampuan daya tampung kolam retensi.

Pada saat ini pengukuran luas dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain dengan metode GPS dan foto udara dari UAV. Berkenaan dengan hal tersebut akan dilakukan penelitian perhitungan luas dengan metode terestris menggunakan alat GPS dan pengukuran luas dengan metode fotogrametri menggunakan peralatan UAV (*Drone*). Dari hasil pengukuran luas dengan kedua metode tersebut, selanjutnya dilakukan pemeriksaan ketelitian pengukuran luas.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah berapa luas Kolam Retensi Muktiharjo Kidul yang diukur dengan metode GPS RTK dan metode digitasi orthomosaic dari UAV? Untuk keperluan perhitungan luas, maka akan dilakukan perhitungan luas dengan menggunakan dua metode yaitu :

- Perhitungan luas dengan pengukuran terestris menggunakan alat ukur GPS metode RTK
- Perhitungan luas Metode Fotogrametri menggunakan foto udara UAV.

Berdasarkan perhitungan luas yang dilakukan dengan kedua metode diharapkan dapat diperoleh luas Kolam Retensi Muktiharjo Kidul sesuai dengan ketelitian peralatan ukur yang digunakan.

1.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian untuk pengukuran luas Kolam Retensi (Polder) terletak di Kelurahan Muktiharjo Kidul Kecamatan Pedurungan Kota Semarang.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

1.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah sebagai berikut :

- Perangkat keras meliputi :
 - Laptop dengan Intel® Core™ i7 CPU T5870 @2.00GHz 2.50 GHz, RAM 4.00GB, OS Windows 8 Ultimate 64 bit)
 - Penyimpanan Data berupa *Harddisk* Eksternal dan *Flashdisk*
- Perangkat lunak meliputi :
 - Software* Agisoft Metashape
 - Microsoft Word 2010 digunakan untuk pembuatan laporan.
- Perangkat survey meliputi :
 - UAV *Quadcopter* Dji Panthom 4 Pro
 - GPS *Geodetic* TOPCON Hiper SR
 - GPS RTK HITARGET V30

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembuatan Peta Digital

Peta adalah gambaran dari sebagian atau keseluruhan dari permukaan bumi di atas bidang datar dengan skala tertentu. Berdasarkan bentuk penyajiannya peta dapat dibedakan menjadi tiga yaitu : peta garis, peta foto dan peta digital. Peta garis adalah peta yang menggambarkan permukaan bumi dalam bentuk garis dan simbol dari obyek yang ada di permukaan bumi. Peta foto adalah peta yang menyajikan gambar permukaan bumi dalam bentuk foto yang diperoleh melalui pemotretan udara. Sedangkan peta digital adalah peta yang proses pembuatan, pengolahan data sampai penyajiannya dilakukan dengan bentuk digital melalui media komputer.

Pembuatan peta dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu : metode terestris, metode

fotogrametri dan metode penginderaan jauh. Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka metode pengukuran dan pemetaan semakin lama semakin canggih, sehingga proses pembuatan peta lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan beberapa tahun sebelumnya. Sebagai contoh pemetaan terestris dengan alat ukur *total station*, komputer yang dilengkapi perangkat lunak survey pemetaan, telah dapat membuat peta dalam bentuk peta digital dengan metode *total survey system*. Pada metode tersebut diatas semua perekaman data dilakukan secara digital oleh alat ukur Total Station sehingga mengurangi kesalahan jika dibandingkan dengan pencatatan secara manual.

Selain alat ukur Total Station saat ini untuk alat ukur GPS/GNSS juga telah mengalami perkembangan yang cukup pesat, sehingga metode pengukuran juga berkembang antara lain dengan penggunaan *Continuously Operating Reference System (CORS)*.

Perkembangan teknologi di bidang peralatan survey dan pemetaan selalu diikuti dengan perkembangan metode pengukuran dan pemetaan. Di awal abad 20 sekitar tahun 1900, metode penentuan posisi titik kontrol horisontal dilakukan dengan metode triangulasi dan alat yang digunakan adalah theodolit. Pada pengukuran posisi metode triangulasi, untuk dapat menentukan koordinat tanah dilakukan dengan mengukur seluruh sudut-sudut dari rangkaian segitiga. Kemudian dengan melakukan perhitungan dapat diperoleh data koordinat tanah. (Sosrodarsono, 1981)

Seiring dengan adanya kemajuan teknologi elektronika, peralatan survey dan pemetaan juga mengalami perkembangan yang sangat pesat antara lain ditemukannya alat ukur jarak elektronik *Electronic Distance Meter* (disingkat EDM). Dengan adanya peralatan EDM yang mampu mengukur jarak secara langsung sampai ± 60 km, maka perkembangan metode penentuan posisi horisontal juga bertambah yaitu metode trilaterasi. Penentuan koordinat titik-titik kontrol horisontal dilakukan dengan melakukan pengukuran jarak secara langsung pada semua sisi yang ada pada rangkaian segitiga. Berdasarkan data ukur jarak sisi-sisi rangkaian segitiga, maka dapat dilakukan perhitungan koordinat dengan metode trilaterasi.

Menjelang akhir abad 20 teknologi peralatan survey dan pemetaan semakin lama semakin canggih antara lain dengan dikembangkannya penentuan posisi dengan satelit GPS pada tahun 1980. Penentuan posisi dengan satelit GPS merupakan salah satu metode penentuan posisi yang paling canggih dan paling mutakhir dan diperkirakan akan mendominasi pengukuran titik kontrol horisontal di abad 21.

GPS merupakan singkatan dari *Global Positioning System* adalah metode penentuan posisi dengan melakukan pengukuran jarak secara langsung ke satelit GPS yang berjarak kurang lebih 20.000 km di ruang angkasa.

Penentuan posisi dengan GPS berkembang lebih maju lagi dengan adanya beberapa satelit navigasi antara lain Satelit GLONASS (Rusia), GALILEO (Eropa) dan BEIDU (RRT) sehingga penentuan posisi dengan satelit navigasi berkembang lebih pesat dengan nama GNSS (*Global Navigation Satellite System*) dimana dalam menentukan posisi menggunakan beberapa jenis satelit navigasi secara serentak.

Sampai saat ini sudah banyak instansi di Indonesia baik pemerintah maupun swasta yang menggunakan pengukuran dengan alat ukur GPS/GNSS antara lain Badan Pertanahan Nasional telah mengaplikasikan pengukuran GPS untuk keperluan perapatan titik kontrol tanah horisontal pada pekerjaan pengukuran titik dasar teknik untuk keperluan pembuatan peta dasar pendaftaran (Badan Pertanahan Nasional, 1998)

2.2 GPS

GPS (*Global Positioning System*) atau **NAVSTAR GPS** (*Navigational Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*) adalah suatu sistem navigasi yang memanfaatkan satelit. GPS dapat memberikan informasi posisi dan waktu dengan ketelitian sangat tinggi. Penerima GPS memperoleh sinyal dari beberapa satelit yang mengorbit di atas permukaan bumi. Dengan susunan orbit tertentu, maka satelit GPS bisa diterima di seluruh permukaan bumi dengan penampakan antara 4 sampai 8 buah satelit. Dengan adanya beberapa satelit navigasi, maka penentuan posisi GPS berkembang lebih maju menjadi GNSS (*Global Navigation Satellite System*) yang dalam menentukan posisi menggunakan beberapa satelit secara serentak (Abidin, 2000)

Pada dasarnya, *receiver* membandingkan *timing* dalam *micro second* pulsa waktu dari sinyal yang ditransmisikan oleh satelit dengan *timing* pulsa waktu, yang diterima pada *receiver* dengan transmisi *pseudo random code*. Perbedaan waktu inilah yang akan memberitahu *receiver* seberapa jauh dan arah satelit berada darinya. Setelah jarak diukur dengan sejumlah satelit GPS lainnya, *receiver* bisa menentukan posisinya dalam koordinat geografis lintang dan bujur. Dengan 4 atau lebih satelit yang dapat di akses, *receiver* dapat menentukan posisi 3 dimensi dan waktu.

a. Sistem Satelit GPS

Penentuan posisi dengan GPS adalah suatu metoda penentuan posisi dengan cara mengamati sinyal-sinyal yang dipancarkan satelit GPS di atas stasion pengamat di muka bumi. Sinyal-sinyal yang dipancarkan oleh Satelit diterima Receiver berupa informasi mengenai Jam satelit, Orbit satelit, Bias jam dan Koefisien model ionosfir. Dalam perambatannya, sinyal satelit tersebut berupa kode-kode PRN yang dimodulasikan kedalam dua gelombang pembawa (Carrier Phase). Kode-kode PRN tersebut adalah C/A-Code untuk SPS (*Standard Positioning Services*) yang digunakan oleh kalangan sipil dan P-Code untuk PPS (*Precise Positioning Services*) yang khusus digunakan untuk militer Amerika Serikat (Abidin, 2000).

Pada saat ini, konstelasi satelit yang membawa gelombang-gelombang di atas terdiri dari 24 satelit yang terbagi dalam 6 (enam) bidang orbit sedemikian rupa sehingga untuk setiap posisi dimuka bumi dapat menerima minimal 4 buah satelit pada saat bersamaan.

b. Prinsip Penentuan Posisi dengan GPS

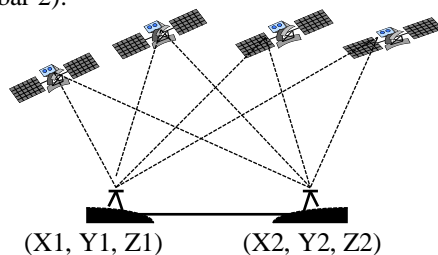
Ada dua prinsip penentuan posisi dengan GPS, yaitu *Single Positioning* dan *Relative Positioning*.

• *Single Positioning*

Single Positioning adalah menentukan posisi titik pengamat langsung dari pengamatan tunggal pada titik tersebut terhadap sejumlah satelit pada saat tertentu (minimal 4 buah satelit). Pengamatan dengan teknik ini adalah yang paling sederhana, karena pengamat tidak membutuhkan korelasi dengan stasion pengamat yang lain

• *Relative Positioning*

Relative Positioning adalah sistem penentuan posisi yang didasarkan pada koordinat titik yang sudah diketahui atau dianggap diketahui nilainya. Pada prinsipnya dengan teknik ini diukur selisih koordinat ruang (ΔX , ΔY , ΔZ) antara dua titik pengamat, selanjutnya koordinat titik lainnya dihitung dengan mengacu pada titik pertama (Gambar 2).



Gambar 2. Geometrik Pengamatan *Relative Positioning*

$$X_2 = X_1 + \Delta X$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y$$

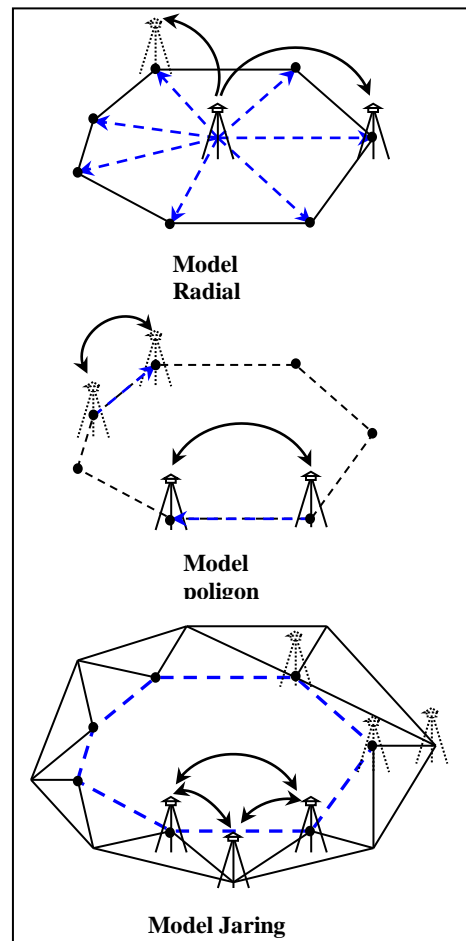
$$Z_2 = Z_1 + \Delta Z$$

• Penentuan posisi secara relatif

Penentuan posisi secara relatif dapat dilakukan dengan menggunakan minimal dua receiver GPS. Untuk pengukuran titik yang banyak dan wilayah yang besar, maka pengukuran menjadi lebih efektif bila menggunakan receiver dalam jumlah yang lebih banyak. Pada wilayah yang kecil dengan jumlah titik yang sedikit dan jarak antar titik cukup dekat, maka penggunaan dua receiver cukup efektif.

Efektifitas pengukuran GPS sangat ditentukan oleh pemilihan metode pengamatan. Konfigurasi pengukuran GPS yang dapat diaplikasikan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3, antara lain:

- Pengukuran secara radial
- Pengukuran secara poligon
- Pengukuran secara trilaterasi



Gambar 3 Konfigurasi pengukuran GPS

Dengan sebaran titik yang sama, maka dapat dibuat konfigurasi pengukuran yang berbeda-beda, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Pengukuran secara radial adalah pengukuran statik diferensial dengan menempatkan salah satu receiver GPS pada titik ikat yang berada di tengah lokasi pengukuran, sementara GPS lainnya mengukur setiap titik secara radial atau polar.

Metode yang setingkat lebih baik dalam hal kejelasan informasi tingkat ketelitian hasil pengukuran adalah metode poligon yang menerapkan pengukuran setiap baseline satu per satu hingga membentuk suatu loop.

Metode yang paling teliti namun memakan waktu dan biaya yang besar adalah pengukuran dengan metode jaring trilaterasi.

Pada kegiatan Penelitian ini akan dilakukan proses Pengukuran dan Pengolahan Data GPS untuk pengukuran luas Kolam Retensi di Muktiharjo Kidul Semarang. Tim Peneliti akan melakukan penelitian penggunaan GPS untuk keperluan pengukuran titik kontrol horizontal. Titik Benchmark tersebut diukur dengan menggunakan alat ukur GPS metode statik kemudian data koordinat selanjutnya digunakan untuk melakukan pengukuran GPS metode RTK. Penentuan posisi *real-time kinematic* (RTK) adalah teknik navigasi satelit yang digunakan untuk meningkatkan ketepatan data posisi yang diperoleh dari sistem penentuan posisi berbasis satelit.

2.3. Pemotretan Udara Dengan UAV

Penggunaan UAV dalam pembuatan visual 3 dimensi banyak digunakan dengan beberapa alasan, yaitu pemakaian UAV mudah dipahami, dapat menjangkau area yang luas, mudah mendapatkan data yang sulit dijangkau oleh manusia dan sebagainya. Dengan resolusi yang tinggi dalam kamera UAV, pembuatan model 3 dimensi dapat menggambarkan suatu benda atau objek secara jelas dan detail sehingga menyerupai bentuk aslinya.

Ahmad Syauqani (2017) melakukan penelitian tentang Pengaruh Variasi Tinggi Terbang Menggunakan Wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) Quadcopter Dji Phantom 3 Pro Pada Pembuatan Peta Orthofoto (Studi Kasus Kampus Universitas Diponegoro). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketelitian geometri orthofoto yang dihasilkan dari 2 data ketinggian yang berbeda. Pada penelitian ini digunakan 2 data ketinggian yang berbeda, yaitu 80 m dan 100 m. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa ketelitian dengan tinggi terbang 80 m lebih baik dibandingkan dengan tinggi terbang 100 meter

serta jika dilihat kesalahannya dari pemotretan dengan tinggi terbang 80 meter kesalahannya sebesar 1,524 pix dan dengan tinggi terbang 100 meter kesalahan sebesar 2,330 pix.

Anggoro Pratomo Adi (2017) melakukan penelitian tentang Pengujian Akurasi Dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Dari pengujian yang dilakukan, seluruh orthofoto yang dihasilkan memenuhi standar ketelitian geometri peta RBI serta ketelitian planimetrik peta dasar pendaftaran di lingkungan Kementerian ATR/BPN. Selain itu, berdasarkan hasil uji statistika F (Fisher) tidak terdapat perbedaan ketelitian geometri yang signifikan antara orthofoto yang dibentuk dari dua buah perangkat lunak baik pada daerah yang memiliki topografi relatif datar maupun berbukit

Naryoko (2019) melaksanakan penelitian tentang Kajian Terapan Teknologi UAV Dan SIG Dalam Pembuatan Peta Desa Skala 1:1.000 Untuk Wilayah RW-04 Kelurahan Tembalang. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan peta yang akurat dan mempunyai ketelitian yang tinggi yang dibuat menggunakan UAV yang dapat digunakan acuan dalam proses pembangunan.

Berdasarkan dari tinjauan pustaka seperti yang telah diuraikan tersebut di atas, maka dilakukan penelitian pengukuran luas di Kolam Retensi Muktiharjo Kidul dengan menggunakan data hasil pemotretan udara dengan pesawat tanpa awak (UAV). Penelitian pengukuran luas dengan menggunakan foto udara dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian data luas dari foto udara.

3. METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Secara umum kegiatan penelitian ini dapat dilaksanakan dengan tahap sebagai berikut:

- a. Persiapan
Pada tahap persiapan Tim Peneliti menyiapkan semua syarat administrasi terkait dengan pelaksanaan penelitian antara lain Surat Perijinan Untuk Melaksanakan Penelitian di Kolam Retensi Muktiharjo Kidul.
- b. Pengumpulan Data
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data awal di lokasi penelitian
- c. Survey awal
Survey awal dilakukan dengan melakukan survey pendahuluan lokasi penelitian antara lain : mencari titik referensi GPS, lokasi pemasangan Benchmark dan lain-lain.

- d. Pelaksanaan penelitian:
 - i. Pengukuran titik referensi dengan GPS metode statik yang diikatkan ke Benchmark yang terikat dalam SRGI.
 - ii. Menentukan luas lokasi dengan alat ukur GPS metode RTK yang akan digunakan sebagai acuan dalam perhitungan luas.
 - iii. Menghitung luas dengan menggunakan alat ukur GPS metode RTK
 - iv. Melakukan pemotretan udara dengan alat UAV
 - v. Menghitung luas dengan foto udara hasil pemotretan udara dengan UAV
- e. Luaran
Luaran utama dalam kegiatan ini adalah data perhitungan luas yang diperoleh dengan metode terestris dan metode fotogrametri.
- f. Hasil
Dari hasil penelitian akan diperoleh data pengukuran luas yang diukur alat ukur GPS, dan foto udara dari foto UAV.

3.1 Pengukuran Titik Kontrol

Pengukuran titik kontrol dilakukan menggunakan metode GPS *static* yang diikatkan pada Benchmark GBU 16 yang terletak di kampus UNDIP Tembalang. Pengukuran GPS dilakukan pengamatan pada dua *benchmark* (BM) di daerah Kolam Retensi Muktiharjo Kidul yaitu Benchmark 1 dan Benchmark 2. Pengukuran dilakukan dengan alat ukur GPS Merk TOPCON Hiper SR. Alat ukur GPS yang digunakan dalam penelitian sebanyak 3 unit, masing-masing dipasang di atas Benchmark GBU 16, Benchmark 1 dan Benchmark 2. Pengamatan GPS di atas Benchmark tersebut dilakukan selama ± 4 jam.

3.2 Pengukuran Metode RTK

Pengukuran metode RTK dilakukan dengan mengacu pada BM1 dan BM 2 yang dipasang di lokasi Kolam Retensi Muktiharjo Kidul yang akan digunakan sebagai referensi. Hasil akhir pengukuran berupa dua data. Data pertama terdiri dari 140 titik yang akan digunakan untuk perhitungan luas kolam. Pada proses pengolahan data foto udara dengan UAV diperlukan GCP untuk keperluan *orthorektifikasi*. Selain itu juga diperlukan data ICP untuk keperluan uji ketelitian hasil *orthorektifikasi*. Adapun jumlah data GCP 9 titik dan jumlah data ICP sebanyak 6 titik.

3.3 Pengukuran Metode Fotogrametri

3.3.1 Akuisisi Data

Akuisisi data dilakukan secara otomatis menggunakan UAV. Pemotretan terbagi menjadi 3

project dengan masing-masing ketinggian adalah kurang lebih 75 meter. Besaran *overlap* dan *sidelap* yang digunakan secara berturut-turut 80% dan 75%. Hasil akhir tahap ini berupa *single frame* foto udara UAV pada 590 stasiun.

3.3.2 Pengolahan Foto Udara

Foto udara diolah menggunakan *software* Agisoft Metashape. Proses pengolahan bekerja dengan algoritma *structure from motion* (SfM) yang terbagi menjadi beberapa tahap. Tahap pertama pengolahan adalah *alignment*. Pada tahap ini dilakukan deteksi fitur dan *matching* antar foto dengan hasil *tie point*. Proses berikutnya adalah *reseksi* dan *interseksi* dengan memanfaatkan *tie point* (Bagnolo, 2019). Hasil akhir tahap ini adalah *sparse point cloud*. Seluruh model relatif selanjutnya ditransformasikan menggunakan 9 titik GCP.

Tahap kedua pengolahan adalah pembentukan *dense cloud*. Pada proses ini dilakukan *matchng* antar foto guna merapatkan titik model. Hasil akhir pengolahan ini adalah *dense cloud*. Tahap ketiga adalah *surface reconstruction* guna model permukaan objek. Hasil akhir tahap ini berupa *mesh model* yang dijadikan referensi pembentukan *digital elevation model* (DEM) (Rahaman, 2019).

Tahap akhir pengolahan berupa pembentukan *orthomosaic* menggunakan DEM sebagai referensi. Tahap ini diawali dengan mengonversi *single frame* menjadi *orthophoto*, dilanjutkan proses *mosaicking*. Hasil akhir pengolahan foto udara berupa *orthomosaic* dengan resolusi spasial ± 2 cm.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Titik Kontrol

Pengukuran titik kontrol dilakukan pada titik kontrol Benchmark (BM) menggunakan metode GPS *static*. Pengamatan dilakukan selama ± 4 jam. Hasil pengamatan diproses lebih lanjut dengan TOPCON TOOL untuk mendapatkan data koordinat dalam dua sistem yaitu Koordinat Geografis dan Koordinat dalam Sistem Proyeksi Peta Universal Transverse Mercator (UTM). Adapun hasil pengukuran dalam sistem koordinat geografis dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan hasil pengolahan data dalam Sistem Koordinat UTM dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Koordinat Geografis

No.	Latitude	Longitude
BM 1	6°57'49.38140"S	110°27'04.29530"E
BM 2	6°57'53.13189"S	110°27'02.47731"E
GBU 16	7°02'57.71163"S	110°26'22.19450"E

Tabel 2. Hasil Perhitungan Dalam Koordinat UTM

No.	X (UTM)	Y (UTM)
BM 1	439.378,143	9,230.226,884
BM 2	439.322,492	9.230.111,646
GBU 16	438.097,595	9.220.756,912

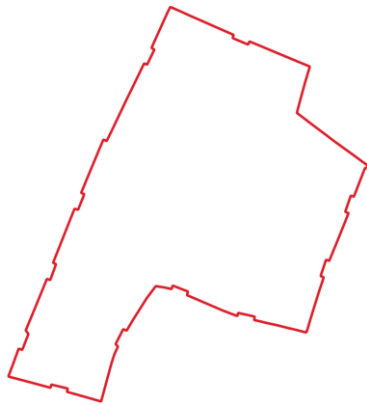
4.2 Hasil Pengukuran Metode RTK

Pengukuran GPS metode RTK menghasilkan dua data yaitu :

- Data koordinat dalam sistem koordinat UTM yang akan digunakan untuk perhitungan luas kolam.
- Data titik kontrol untuk pengolahan foto udara hasil pemotretan udara dengan UAV berupa GCP dan ICP dengan total sejumlah 15 titik.

Alat ukur GPS yang digunakan memiliki ketelitian *RTK Kinematic Accuracy Horizontal* sebesar $\pm (10 + 1 \text{ ppm})$ mm. Dengan asumsi jarak rata-rata dari *Base* ke *Rover* kurang lebih 1 Km, maka ketelitian pengukuran dengan alat ukur GPS sebesar 11 mm. Dari hasil pengukuran titik-titik yang terletak di batas kolam, ketelitian titik koordinat rata-rata sebesar 8 mm. Berdasarkan data tersebut, maka hasil pengukuran titik-titik tersebut secara umum lebih kecil dari ketelitian alat ukur GPS sebesar 11 mm.

Selanjutnya dilakukan pengukuran luas Kolam Retensi Muktiharjo Kidul dari data koordinat hasil pengukuran GPS RTK yang dihitung berdasarkan titik-titik di perimeter sebanyak 140 dengan hasil pengukuran luas sebesar 53.198 m² (Lihat Gambar 4).

**Gambar 4** Hasil Pengukuran Luas Metode GPS RTK

4.3 Hasil Pengukuran Metode Fotogrametri

Hasil pemotretan udara dengan UAV sebanyak 590 foto udara. Selanjutnya foto udara diolah dengan software Agisoft Metashape dan menghasilkan foto udara dengan skala yang benar berupa *orthomosaic*. Hasil pengolahan foto udara berupa *orthomosaic*

dengan *Ground Sampling Distance (GSD)* sebesar ± 2 cm seperti pada **Gambar 5**.

Foto udara yang dihasilkan memiliki kenampakan yang secara umum sesuai dengan objek di lapangan.

**Gambar 5.** Hasil Pemotretan Udara Dengan UAV

Pada bagian tengah kolam *orthomosaic* terdapat lubang seperti pada **Gambar 5**. Hal ini dipengaruhi oleh sifat air yang reflektif, dinamis dan homogen yang menyebabkan terjadinya *gap*.

Pada proses orientasi absolut dilakukan pengikatan pada 9 titik GCP yang menghasilkan nilai residu sebesar 1,577 cm. Rincian nilai RMSE GCP dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Hasil pengolahan data berupa *Orthomosaic* diuji menggunakan 6 titik ICP yang menghasilkan RMSE sebesar 3,576 cm. Rincian nilai RSME ICP dapat dilihat pada **Tabel 4**

Tabel 3. Data RMS titik GCP

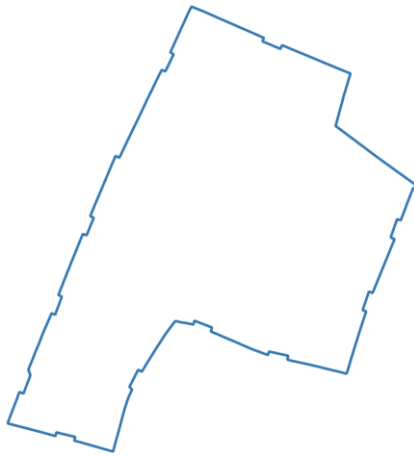
GCP	Error (cm)			Total
	X	Y	Z	
G01	0,325	-0,589	0,121	0,684
G02	-0,913	0,185	-1,371	1,658
G03	0,285	0,701	0,360	0,839
G04	-0,836	1,069	-1,012	1,693
G05	1,290	-1,991	2,135	3,191
G06	0,430	-1,034	0,181	1,134
G07	-0,949	0,313	-0,212	1,022
G08	0,201	1,057	-0,745	1,308
G09	0,125	-0,149	1,151	1,167
Total	0,709	0,959	1,031	1,577

Tabel 4. Data RMS titik ICP

ICP	Error (cm)			
	X	Y	Z	Total
I01	3,402	-3,129	1,053	4,740
I02	-0,070	-0,146	-0,602	0,624
I03	0,087	-0,054	-0,018	0,104
I04	0,254	0,017	1,923	1,940
I05	-0,119	-0,831	2,715	2,842
I06	-1,552	-4,980	-3,848	6,482
Total	1,531	2,426	2,135	3,576

Tahap selanjutnya dilakukan digitasi pada *orthomosaic* di sepanjang batas kolam seperti yang nampak pada Gambar 5. Selanjutnya hasil digitasi dapat dilihat pada Gambar 6. Kemudian dari hasil digitasi di Gambar 6 luas kolam dapat dihitung berdasarkan data foto udara dari UAV dengan luas sebesar 53.196 m².

Pengukuran luas dengan menggunakan foto udara UAV jika dibandingkan dengan pengukuran luas menggunakan alat ukur GPS RTK perbedaannya sangat kecil dimana selisihnya sebesar 0,004 % dari total luas.



Gambar 6. Luas kolam dihitung berdasarkan digitasi orthomosaic dari foto UAV

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengukuran metode GPS RTK menghasilkan nilai sebesar 53.198 m². Pengukuran luas dengan metode UAV menghasilkan nilai 53.196 m².
2. Metode UAV menghasilkan luas yang mendekati metode GPS RTK. Hasil perhitungan luas dari data pengukuran UAV memiliki perbedaan dengan hasil pengukuran

luas yang diperoleh dari data GPS RTK dengan selisih sebesar 0,004 % dari total luas.

3. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka pengukuran luas menggunakan data foto udara UAV yang telah direktifikasi hasilnya cukup baik, oleh karena itu hasil pengukuran luas dengan UAV dapat dipergunakan untuk keperluan evaluasi kondisi luas kolam retensi dan selanjutnya dapat digunakan untuk keperluan mengevaluasi daya tampung kolam retensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z., 2000, *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Ahmad Syaouqani, 2017, Pengaruh Variasi Tinggi Terbang Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (Uav) Quadcopter Dji Phantom 3 Pro Pada Pembuatan Peta Orthofoto, Program Studi Teknik Geodesi UNDIP, Semarang.
- Anggoro Pratomo Adi, 2017, Pengujian Akurasi Dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Program Studi Teknik Geodesi UNDIP, Semarang.
- Badan Pertanahan Nasional, 1998. Petunjuk Teknis Peraturan Menteri Negara Agraria/ Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Materi Pengukuran dan Pemetaan Pendaftaran Tanah. Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia.
- Bagnolo, V., dan Paba, N., 2019, UAV-based photogrammetry for archaeological heritage site survey and 3D modeling of the Sardus Pater temple (Italy), *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, vol. 42, hal. 45–51.
- Naryoko, 2019, Kajian Terapan Teknologi UAV Dan SIG Dalam Pembuatan Peta Desa Skala 1:1000 Untuk Wilayah Rw-04 Kelurahan Tembalang Tahun 2017, Program Studi Teknik Geodesi UNDIP, Semarang.
- Rahaman, H., dan Champion, E., 2019, To 3D or Not 3D: Choosing a Photogrammetry Workflow for Cultural Heritage Groups, *Heritage*, vol 2, 1835–1851.
- Sosrodarsono, Suyono dan Takasaki Masayoshi, 1981. *Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan*, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.