

PERBANDINGAN ANTARA DEM FOTO UDARA DENGAN DEM TOPOGRAFI

(Studi Kasus : Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur)

Escolastico Fortunato Soares Sequeira Alves 12.25.080

Dosen Pembimbing Utama : M.Edwin Tjahjadi, ST., M.Geom., Sc.PhD

Dosen Pendamping : Feny Arafah, ST., MT.

Abstrak

Data DEM (*Digital Elevation Model*) merupakan bentuk penyajian ketinggian permukaan bumi secara digital. DEM merupakan data yang banyak digunakan untuk data awal perencanaan regional, kota, pemetaan mitigasi bencana, dengan skala menengah dan kecil. *Digital Elevation Model* (DEM) merupakan salah satu model untuk menggambarkan bentuk topografi permukaan bumi sehingga dapat divisualisasikan kedalam tampilan 3D (tiga dimensi). Untuk mengetahui hasil perbandingan Digital Elevasi Model (DEM) dari topografi dengan Digital Elevasi Model (DEM) Dari foto udara.

Dalam penelitian ini dilakukan pemotretan dengan luas area 113 ha yang memiliki karakteristik topografi berbeda dengan menggunakan 8 GCP (*Ground Control Point*). Lokasi penelitiannya terletak di Kelurahan Tasikmadu area persawahan Kampus 2 ITN Malang, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Data yang digunakan adalah data yang di ambil dari foto udara dan data topografi.

Dari hasil penelitian perbandingan DEM dari foto udara dengan DEM dari topografi di Kelurahan Tasikmadu Kecamatan Lowokwaru Kotamadya Malang dapat dihasilkan perbedaan antara nilai XYZ dari masing-masing DEM. Diperoleh ketelitian horisontal (XY) dengan nilai CE90 pada foto sebesar 0,120 m, Sedangkan ketelitian vertikal (Z) dengan nilai LE90 pada foto sebesar 0,534 m. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi keilmuan yang berkaitan dengan pemanfaatan data DEM.

Kata kunci : *DEM, Orthophoto, Topografi.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pengolahan data fotogrametri semakin pesat. Hal ini dibuktikan dengan adanya hasil pengolahan data fotogrametri khususnya data foto udara yang dapat memenuhi berbagai macam kebutuhan. Salah satu produk hasil olahan data foto udara adalah data *Digital Elevation Model* (DEM). DEM merupakan informasi ketinggian suatu wilayah di permukaan bumi yang disimpan dalam format digital berupa bentuk raster berbasis *pixel* atau vektor yang berbasis poligon (Trisakti, 2010).

Secara umum, DEM merepresentasikan bentuk topografi permukaan bumi dengan titik-titik 3D yang disimpan secara digital. UAV dapat menjadi sarana untuk melakukan pemetaan secara fotogrametri. Fotogrametri UAV dapat dijabarkan sebagai *platform* pengukuran fotogrametri yang dikendalikan

dari jarak jauh, secara semi-otomatis atau otomatis, tanpa ada pilot duduk di dalam wahana udara tersebut (Eisenbei, 2009).

Pada pengujian ketelitian geometri digunakan data pengukuran GCP (*Ground Control Point*) sebagai titik kontrol lapangan dalam proses ortorektifikasi Model elevasi digital sering disebut dengan DEM (*Digital Elevation Model*) atau model elevasi medan. DEM merupakan susunan data elevasi yang mempunyai spasi seragam (Chang, 2008).

Akurasi DEM dapat diketahui melalui perhitungan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) dengan menggunakan data acuan nilai ketinggian di lapangan yang akurat. Akurasi horizontal diperoleh dengan perhitungan RMSE dengan nilai koordinat x dan y pada data acuan, sedangkan akurasi vertikal diperoleh dari perhitungan RMSE dengan nilai koordinat z dari ketinggian data acuan (Lang, 1999).

Sumber data DEM dari metode fotogrametri yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan untuk kepentingan pembangunan perlu

dilakukan pengujian ketelitian nilai Z terhadap hasil pengukuran topografi secara terestris supaya sumber data DEM yang diambil dari metode fotogrametri dapat terpercaya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana hasil perbandingan antara *Digital Elevation Model (DEM)* dari topografi dengan *Digital elevation model (DEM)* dari foto udara dengan menggunakan alat *total station* dan pesawat *Drone* untuk mencapai skala 1:1000 kelas 1 pada peta ortofoto sesuai standar ketelitian geometri berdasarkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Mengetahui hasil perbandingan *Digital Elevasi Model (DEM)* dari topografi dengan *Digital Elevasi Model (DEM)* Dari foto udara berdasarkan standar ketelitian geometri sesuai Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. DEM memuat informasi ketinggian dan kemiringan yang mempermudah interpretasi oleh penggunanya yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk perencanaan pembangunan.
- b. Hasil penelitian ini dapat menambah referensi keilmuan yang berkaitan dengan pemanfaatan data DEM.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Data topografi didapatkan dari hasil pengukuran menggunakan alat Total Station yang akan dijadikan sebagai data acuan.
- b. Data foto udara didapatkan dari hasil pengukuran menggunakan pesawat tanpa awak (*Drone*).

- c. Luas area penelitian adalah ± 113 ha.
- d. *Output* ketelitian DEM foto udara berupa nilai

perbandingan Z dari foto udara dengan topografi.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sebagai tahapan dalam penelitian ini maka disusun laporan hasil penelitian skripsi yang sistematika pembahasannya diatur sesuai dengan tatanan sebagai berikut :

a. BAB I: PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang yang merupakan alasan penulis mengambil judul tersebut. Tujuan penelitian berisikan tentang hal sasaran penulis melakukan penelitian tersebut. Rumusan masalah berisikan tentang hal yang akan diteliti oleh penulis dari penelitian tersebut. Batasan masalah berisikan tentang batasan ruang lingkup yang diteliti oleh penulis pada penelitian tersebut. Sistematika penulisan berisikan tentang tata cara dalam pelaksanaan penelitian.

b. BAB II: DASAR TEORI

Bagian ini berisi tentang gambaran lokasi penelitian serta kajian pustaka dan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini.

c. BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan penjelasan tentang bagaimana penelitian ini dilakukan, dimulai dari proses pengumpulan data, pengolahan data sampai pada hasil akhir yang menjadi tujuan dilakukannya penelitian ini.

d. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan secara rinci pelaksanaan penelitian dalam mencapai hasil serta kajian dan pembahasan hasil dari penelitian ini.

e. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini merupakan uraian singkat tentang kesimpulan hasil pembahasan yang mencakup isi dari penelitian, serta saran – saran yang berkaitan dengan kesesuaian penggunaan hasil penelitian agar tepat guna dan sasaran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 DEM (*Digital Elevasi Model*)

DEM (*Digital Elevation Model*) merupakan bentuk penyajian ketinggian permukaan bumi secara digital. Dilihat dari distribusi titik yang mewakili bentuk permukaan bumi dapat dibedakan dalam bentuk teratur, semi teratur, dan acak. Sedangkan dilihat dari teknik pengumpulan datanya dapat dibedakan dalam pengukuran secara langsung pada objek (terestris), pengukuran pada model objek (fotogrametris), dan dari sumber data peta analog (digitasi). Teknik pembentukan DEM selain dari Terestris, Fotogrametris, dan Digitasi adalah dengan pengukuran pada model objek, dapat dilakukan seandainya dari citra yang dimiliki bisa direkonstruksikan dalam bentuk

model stereo. Inidapat diwujudkan jika tersedia sepasang citra yang mencakup wilayah yang sama (Dipokusumo dkk, 1983).

DEM adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli, 1991).

DEM merupakan suatu sistem, model, metode, dan alat dalam mengumpulkan, processing, dan penyajian informasi medan. Susunan nilai-nilai digital yang mewakili distribusi spasial dari karakteristik medan, distribusi spasial di wakili oleh nilai-nilai pada sistem koordinat horisontal X Y dan karakteristik medan diwakili oleh ketinggian medan dalam sistem koordinat Z (Doyle, 1991).

DEM khususnya digunakan untuk menggambarkan relief medan. Gambaran model relief rupabumi tiga dimensi (3-Dimensi) yang menyerupai keadaan sebenarnya di dunia nyata (*real world*) divisualisaikan dengan bantuan

teknologi komputer grafis dan teknologi *virtual reality* (Mogal, 1993).

2.2 DTM (*Digital Terrain Model*)

DTM (*Digital Terrain Model*) dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu DTM grid dan DTM non-grid. DTM non-grid dapat berupa DTM *Triangulated Irregular Network* (TIN) maupun DTM kontur. Ketiga jenis DTM tersebut masing-masing dibedakan berdasarkan sebaran titik-titik DTMnya. DTM Grid mempunyai titik-titik DTM yang tersebar secara merata pada seluruh permukaan model dan teratur dalam interval tertentu. Titik DTM dapat berupa titik sampel maupun titik hasil interpolasi titik sampel. Permukaan model terbentuk oleh grid yang menghubungkan titik DTM. DTM TIN menggunakan titik-titik yang tersebar secara tidak teratur pada permukaan model. Permukaan model TIN adalah jaring bidang segitiga yang terbentuk dari triangulasi titik-titik DTM.

DTM Kontur menyajikan topografi permukaan bumi dalam bentuk garis-garis kontur yang menghubungkan titik-titik yang

memiliki nilai ketinggian yang sama. DTM kontur didapat dari tracing/plotting model stereo citra ataupun dari hasil interpolasi DTM Grid atau TIN. Kualitas suatu DEM dapat dilihat pada akurasi dan presisi dari DEM tersebut. Yang dimaksud dengan akurasi adalah nilai ketinggian titik (Z) yang diberikan oleh DEM, berbanding dengan nilai sebenarnya yang dianggap benar. Sedangkan presisi adalah banyaknya informasi yang dapat diberikan oleh DEM. Presisi bergantung pada jumlah dan sebaran titik-titik sample dan ketelitian titik sample sebagai masukan/input bagi pembentukan DEM dan juga metode interpolasi untuk mendapatkan ketinggian titik-titik pembentuk DEM. Titik-titik sample yang dipilih untuk digunakan harus dapat mewakili bentuk terrain secara keseluruhan sesuai dengan kebutuhan aplikasi penggunaannya (Fairhead, 1991).

DTM merupakan salah satu bentuk pemodelan yang berhubungan dengan tipe data raster (berkebalikan dengan tipe data vector), biasanya disimpan sebagai rangkaian kotak dengan grid spasi yang sama atau disebut sebagai piksel. Memodelkan

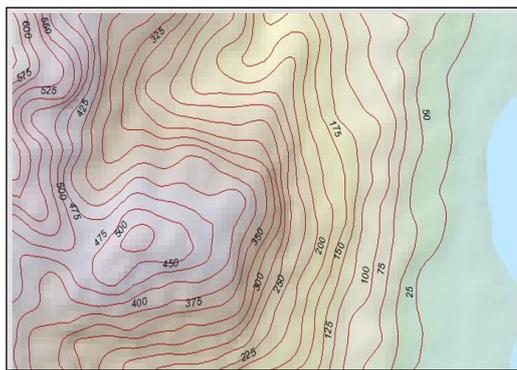
bentuk relief terrain menggunakan DTM merupakan salah satu fungsi analisis dan visualisasi dari Sistem Informasi Geografis (SIG), (Mark 1975).

2.2.1 Pembentukan DTM

Mengenai cara pembentukan DTM adalah sebagai berikut :

a. Kontur

Kontur dibuat dari digitasi garis kontur yang disimpan dalam format seperti DLGs (*Digital Line Graphs* koordinat (x, y) sepanjang tiap garis kontur yang menunjukkan elevasi khusus. Kontur paling banyak digunakan untuk menyajikan permukaan bumi dengan simbol garis (Mark, 1975).

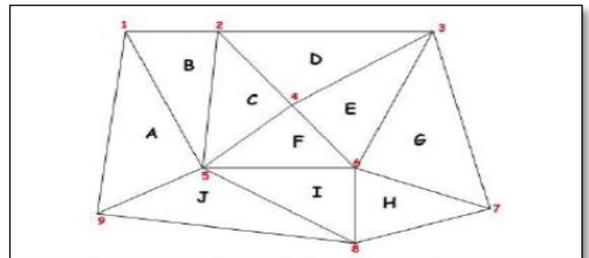


Gambar 2.1 Kontur, Mark (1975)

b. Jaring Segitiga tidak Beraturan/ TIN

TIN adalah rangkaian segitiga yang tidak tumpang

tindih pada ruang tak beraturan dengan koordinat x, y , dan nilai z yang menyajikan data elevasi. Model TIN disimpan dalam topologi berhubungan antara segitiga dengan segitiga didekatnya, tiap bidang segitiga digabungkan dengan tiga titik segitiga yang dikenal sebagai facet. Titik tak teratur pada TIN biasanya merupakan hasil sampel permukaan titik khusus, seperti lembah, igir, dan perubahan lereng (Mark, 1975).

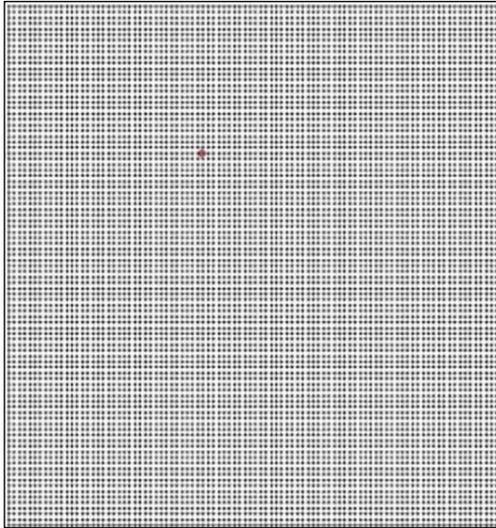


Gambar 2.2 TIN (*Triangulated Irregular Network*,) Mark (1975)

c. Grid

DTM grid mempunyai titik-titik DTM yang terbesar secara merata pada seluruh permukaan model dan teratur dalam interval tertentu. Titik DTM dapat berupa titik sampel maupun titik hasil interpolasi titik sampel. Permukaan model yang

terbentuk oleh grid yang menghubungkan titik DTM (Mark 1975).



Gambar 2.3 Grid, Mark (1975)

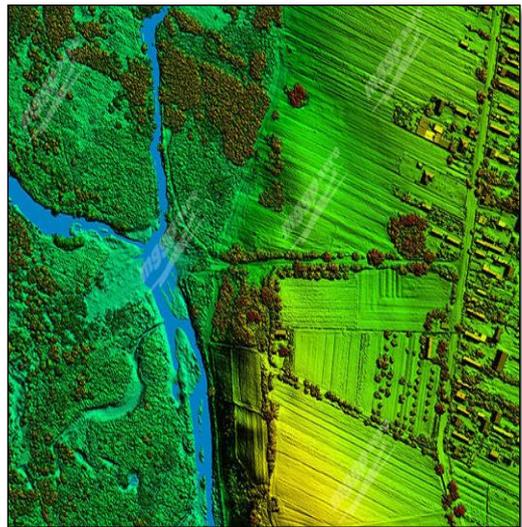
2.3 DSM (*Digital Surface Model*)

DSM adalah sebuah model permukaan-pantulan gelombang-pertama yang memuat fitur-fitur elevasi terrain alami sebagai tambahan dari fitur-fitur vegetasi dan budaya, seperti bangunan. Atau secara sederhana, DSM (*Digital Surface Model*) dapat diartikan sebagai data ketinggian permukaan objek yang ada di muka bumi seperti pepohonan dan bangunan (Bujan, 2013).

DSM pada umumnya diketahui sebagai elevasi permukaan antara kontak RADAR dengan obyek permukaan bumi. DSM juga jadi

elevasi turunan DTM yang menyangkut unsur-unsur dengan elevasi yang signifikan dari fitur topografi yakni unsur linear berupa *breakline*, *mass point*, dan *hidrologic condition* (ASPRS, 2007).

Digital Surface Model (DSM) merupakan ketinggian MSL dari permukaan reflektif pohon, bangunan, dan fitur lainnya ditinggikan di atas “*Bare Earth*” (Bujan, 2013).



Gambar 2.4 *Digital Surface Model* (DSM), Bujan (2013)

2.4 Fotogrametri

Fotogrametri adalah suatu seni, ilmu dan teknik untuk memperoleh informasi metris tentang objek fisik dan keadaan di permukaan bumi melalui proses perekaman, pengukuran, dan penafsiran citra

fotografik. Citra fotografik adalah foto udara yang diperoleh dari pemotretan dari udara yang menggunakan pesawat terbang atau wahana terbang lainnya (Wicaksono, 2009).

Hasil dari proses fotogrametri adalah berupa peta foto atau peta garis. Peta ini umumnya dipergunakan untuk berbagai kegiatan perencanaan dan desain seperti jalan raya, jalan kereta api, jembatan, jalur pipa, tanggul, jaringan listrik, jaringan telepon, bendungan, pelabuhan, dan pembangunan perkotaan. Fotogrametri atau *aerial surveying* adalah teknik pemetaan melalui foto udara. Hasil pemetaan secara fotogrametrik berupa peta foto dan tidak dapat langsung dijadikan dasar atau lampiran penerbitan peta (Wicaksono, 2009).

a. Fotogrametri Metrik

Terdiri dari pengukuran cermat berdasarkan foto dan sumber informasi lain yang pada umumnya digunakan untuk menentukan lokasi relatif titik-titik. Dengan demikian dimungkinkan untuk memperoleh ukuran jarak, sudut, luas, volume,

elevasi, ukuran dan bentuk objek (Wicaksono, 2009).

b. Fotogrametri Interpretatif

Mempelajari pengenalan dan identifikasi objek serta menilai arti pentingnya objek tersebut melalui suatu analisis sistematis dan cermat (Wicaksono, 2009).

c. Foto Udara

Foto udara adalah sebuah gambar (bayangan fotografi) yang dicetak pada media kertas foto (positif, negatif, diapositif) yang dihasilkan dari hasil pemotretan secara fotografi (Wicaksono, 2009).

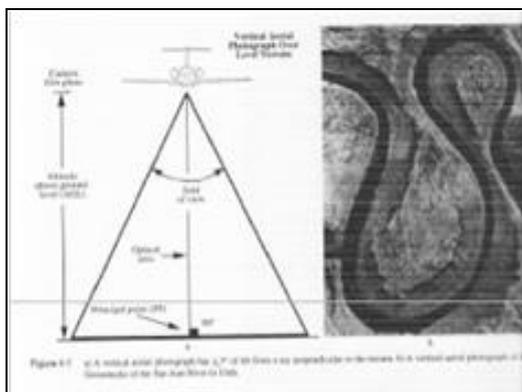
d. Jenis Foto udara

Foto udara mempunyai beberapa jenis, yaitu Pemotretan udara tegak (*Vertical*), Miring/Condong (*Oblique*), dan sangat miring (*High Oblique*) (Wicaksono, 2009).

1) Pemotretan Udara Tegak (*Vertical*)

Pemotretan udara secara tegak ini dapat dikatakan bahwa pemotretan dilakukan dengan posisi pesawat udara yang membawa kamera melakukan pemotretan secara tegak lurus dengan

permukaan bumi. Posisi kamera yang tegak lurus didapatkan dengan sudut kemiringan dibawah 1 derajat. Maka akan menghasilkan foto udara dengan pemotretan secara *vertical* (Wicaksono, 2009).

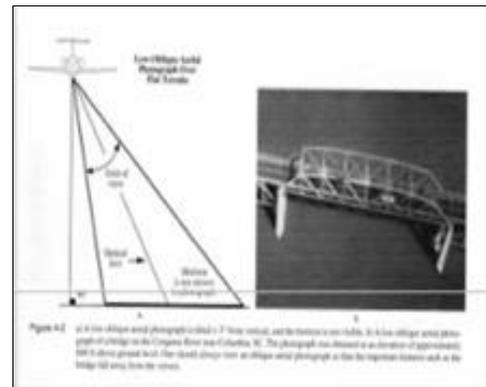


Gambar 2.5 Pemotretan Udara Tegak (Vertical), Wicaksono (2009)

2) Pemotretan Udara Miring/Condong (*Oblique*)

Pemotretan udara secara miring atau *oblique* dilakukan dengan posisi antara pesawat udara yang membawa kamera (sumbu lensa kamera) dengan permukaan bumi memiliki sudut yang agak miring (untuk pemotretan agak miring atau *low oblique*) dan dengan kemiringan tertentu (untuk pemotretan miring atau *oblique*). Pemotretan

udara secara miring ini memiliki karakter hasil foto udara terlihat agak miring dan atau miring, namun batas cakrawala atau *horizon* tidak terlihat (Wicaksono, 2009).



Gambar 2.6 Pemotretan Udara

Miring (Oblique), Wicaksono (2009)

2.5 Topografi

Sebelum mengetahui apa itu Peta Topografi, perlu diketahui terlebih dahulu pengertian tentang kata Topografi. Topografi berasal dari bahasa Yunani dan terdiri dari dua kata: *topos* = lapangan dan *grafos* = penjelasan tertulis. Jadi topografi berarti penjelasan tertulis tentang lapangan. Peta topografi adalah peta yang menyajikan unsur-unsur alam asli dan unsur-unsur buatan manusia diatas permukaan bumi. Unsur-unsur alam tersebut diusahakan diperlihatkan pada posisi yang sebenarnya. Pengukuran

melalui titik kontrol menguraikan cara-cara penempatan titik kontrol yang dibutuhkan untuk pengukuran pemetaan topografi (Wolf, 1984).

Pemetaan topografi dibuat berdasarkan koordinat yang telah ditentukan pada pengukuran titik kontrol. Pemetaan topografi merupakan suatu pekerjaan yang memperlihatkan bentuk planimetris permukaan bumi, bentuk diukur dan hasilnya digambarkan diatas kertas dengan simbol-simbol peta pada skala tertentu yang hasilnya berupa peta topografi (Wolf, 1984).

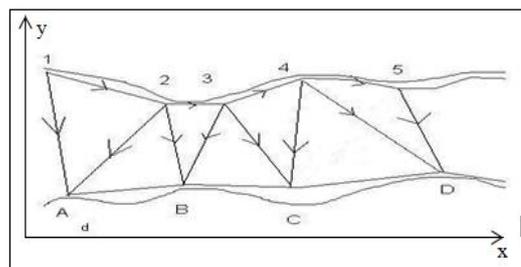
Peta topografi mempunyai ciri khas yang dibuat dengan teliti (secara geometris dan georeferensi) dan penomorannya berseri, standart. Peta topografi mempunyai peta dasar (base map) yang berarti kerangka dasar (geometris / georeferensi) bagi pembuatan peta - peta lain (Wolf, 1984).

2.5.1. Kerangka Kontrol Horizontal (KKH)

Titik Kerangka Kontrol Horizontal (KKH) merupakan dua titik atau lebih ditanah, yang ditetapkan dengan cermat kedudukan horizontalnya dengan jarak dan arah.

Titik kontrol horizontal biasanya ditetapkan dengan metode poligon, triangulasi, dan trilaterasi (Wolf, 1984).

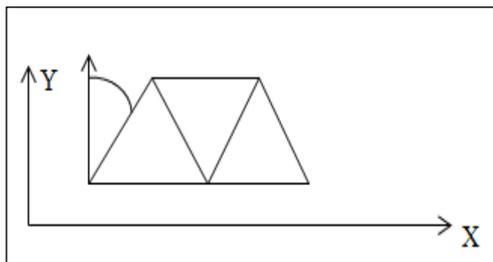
- a. Metode Triangulasi, digunakan apabila daerah pengukuran mempunyai ukuran panjang dan lebar yang sama, maka dibuat jaring segitiga. Pada cara ini sudut yang diukur adalah sudut dalam tiap-tiap segitiga. Posisi horizontal (X,Y) titik triangulasi dibuat dalam sistem proyeksi Mercator, sedangkan posisi horizontal peta topografi yang dibuat dengan ikatan dan pemeriksaan ke titik triangulasi dibuat dalam sistem proyeksi Polyeder (Wolf, 1984).



Gambar 2.7 Metode Triangulasi,
Hertanto (2012)

- b. Metode Trilaterasi, digunakan apabila daerah yang diukur ukuran salah satunya lebih besar daripada ukuran lainnya, maka

dibuat rangkaian segitiga. Pada cara ini sudut yang diukur adalah semua sisi segitiga. Metode Trilaterasi yaitu serangkaian segitiga yang seluruh jarak jaraknya diukur di lapangan. Pada jaring segitiga akan selalu diperoleh suatu titik sentral atau titik pusat. Pada titik pusat tersebut terdapat beberapa buah sudut yang jumlahnya sama dengan 360 derajat (Wolf, 1984).



Gambar 2.8 Metode Trilaterasi,
Hertanto (2012)

- c. Metode Poligon, merupakan rangkaian titik-titik yang membentuk segi banyak. Rangkaian titik tersebut dapat digunakan sebagai kerangka peta. Koordinat titik tersebut dapat dihitung dengan data masukan yang merupakan hasil dari pengukuran sudut dan jarak. Posisi titik-titik di lapangan dapat ditentukan dengan mengukur

jarak dan sudut ke arah titik kontrol. Posisi titik-titik kontrol haruslah mempunyai ketelitian yang tinggi dan distribusinya dapat menjangkau semua titik (Wolf, 1984).

2.5.2. Pengukuran Detail/Situasi

Untuk keperluan pengukuran dan pemetaan selain pengukuran kerangka dasar vertikal yang menghasilkan tinggi titik-titik ikat dan pengukuran kerangka dasar horizontal yang menghasilkan koordinat titik-titik ikat juga perlu dilakukan pengukuran titik-titik detail untuk menghasilkan titik-titik detail yang tersebar di permukaan bumi yang menggambarkan situasi daerah pengukuran (Wolf, 1984).

Pengukuran titik-titik detail dilakukan sesudah pengukuran kerangka dasar vertikal dan pengukuran kerangka dasar horizontal dilakukan. Pengukuran titik-titik detail mempunyai orde ketelitian lebih rendah dibandingkan orde pengukuran kerangka dasar. Pengukuran titik-titik detail pada dasarnya dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu offset, tachymetry, dan polar. Namun pada

kegiatan kerja praktik digunakan	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5
----------------------------------	---------	-----	-----	-----	-----	------	-----

metode tachymetry (Wolf, 1984).

Nilai ketelitian di setiap kelas diperoleh melalui ketentuan seperti tertera pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.2 Ketentuan Ketelitian Geometri Peta RBI Berdasarkan Kelas

Ke			
Hor	0,2 mm	0,3 mm	0,5 mm x
Ver	0,5 x	1,5 x	2,5 x

2.6 Uji Ketelitian Peta

Ketelitian peta ortofoto diuji dengan mengikuti ketelitian Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang dikeluarkan melalui Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) No 15 Tahun 2014. Menurut Peraturan Kepala BIG No 15 Tahun 2014, ketelitian geometri peta diperoleh berdasarkan ketentuan seperti berikut :

Tabel 2.1 Ketelitian Geometri Peta RBI

Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
		Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
		Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
1:250.000	100	50	50	75	75,00	125	125,00
1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
1:25.000	10	5	5	7,5	7,50	12,5	12,50
1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25

Nilai ketelitian posisi peta dasar pada Tabel 1 adalah nilai CE90 untuk ketelitian horizontal dan LE90 untuk ketelitian vertikal, yang berarti bahwa kesalahan posisi peta dasar tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%. Nilai CE90 dan LE90 dapat diperoleh dengan rumus mengacu

kepada standar sebagai berikut US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) dalam Perka BIG No.15 tahun 2014 sebagai berikut:

$$CE90 = 1,3175 \times RMSEr \dots\dots\dots(2.4)$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSEz \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

RMSE_x : *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y (horizontal)

RMSE_z : *Root Mean Square Error* pada posisi z (vertikal)

Dengan :

RMSE_x : *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y (horizontal)

RMSE_z : *Root Mean Square Error* pada posisi z (vertikal)

Uji ketelitian posisi dilakukan hingga mendapatkan tingkat kepercayaan peta 90% *Circular Error*. Uji ketelitian posisi ditentukan dengan menggunakan titik uji yang memenuhi ketentuan objek yang digunakan sebagai titik uji, yaitu :

1. Dapat diidentifikasi dengan jelas di lapangan dan di peta yang akan diuji.
2. Merupakan objek yang relatif tetap tidak berubah bentuk dalam jangka waktu yang singkat.
3. Memiliki sebaran yang merata di seluruh area yang akan diuji.

Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat (X,Y) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada

permukaan tanah. Pengukuran akurasi menggunakan *root mean square error* (RMSE) atau *Circular Error*. Pada pemetaan dua dimensi yang perlu diperhitungkan adalah koordinat (X,Y) titik uji dan posisi sebenarnya. RMSE digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random atau sistematik. Nilai RMSE diperoleh melalui persamaan.

$$RMSE_{horizontal} = \sqrt{D^2/n} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$D^2 = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2}$$

$$D^2 = \frac{D[(X_{data} - X_{cek})^2 + (Y_{data} - Y_{cek})^2]}{n}$$

Dengan :

n = Jumlah total pengecekan pada peta .

D = Selisih antara koordinat yang diukur dilapangan dengan koordinat di peta .

x = Nilai koordinat pada sumbu X .

y = Nilai koordinat pada sumbu Y .

Nilai CE90 kemudian dihitung dengan persamaan. Nilai CE90 akan disesuaikan dengan kelas peta pada skala yang dipilih.

2.7 Software

Dalam dunia teknologi informasi sering mendengar kata *software*. Nama lain dari *software* adalah perangkat lunak. Karena disebut juga sebagai perangkat lunak, maka sifatnya pun berbeda dengan *hardware* atau perangkat keras, jika perangkat keras adalah komponen yang nyata yang dapat dilihat dan disentuh oleh secara langsung manusia, maka *software* atau Perangkat lunak tidak dapat disentuh dan dilihat secara fisik, *software* memang tidak tampak secara fisik dan tidak berwujud benda namun bisa untuk dioperasikan.

Pengertian *software* komputer adalah sekumpulan data elektronik yang disimpan dan diatur oleh komputer, data elektronik yang disimpan oleh komputer itu dapat berupa program atau instruksi yang akan menjalankan suatu perintah. Melalui *software* atau perangkat lunak inilah suatu komputer dapat menjalankan suatu perintah.

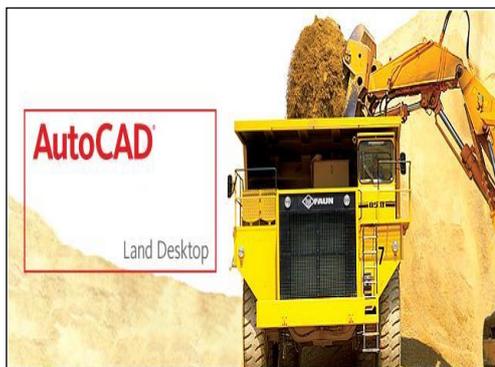
2.7.1 AutoCad Land Desktop

AutoCAD Land Desktop merupakan suatu program yang memberikan fasilitas pembuatan peta secara digital. Digitasi adalah proses mengkonversi peta analog (data raster) ke dalam format digital (data vektor). Digitasi peta dapat dilakukan dengan menggunakan tabel digitizer atau dengan *on screen digitizer* pembentukan garis kontur. (Welly, 2010 –ITB).

Garis kontur akan menghubungkan titik-titik yang memiliki elevasi yang sama, dalam penarikan garis kontur ini menggunakan elevasi titik-titik yang dihasilkan dari data interpolasi linear (metode matematis) antar titik detil yang dihubungkan dengan garis – garis TIN. Pembentukan garis kontur adalah dengan menghubungkan titik-titik yang memiliki ketinggian yang sama pada garis TIN pada interval tertentu (Welly, 2010 –ITB).

Pembentukan *surface model*. Model interpolasi yang digunakan untuk pembentukan permukaan digital pada perangkat lunak *AutoCad Land Desktop* adalah dengan rangkaian segitiga yang menghubungkan antar titik

ketinggian pembentuk *surface* data. Rangkaian segitiga yang ada akan membentuk suatu model interpolasi *Triangulated Irregular Network* (TIN). Proses pembentukan garis TIN ini yakni dengan menghubungkan titik-titik detil pembentuk *surface* yang saling berdekatan. Model interpolasi ketinggian antar titik detil adalah model interpolasi linear. Untuk menampilkan garis TIN yang terbentuk yaitu melalui pilihan menu *terrain edit surface import 3D lines* (Welly, 2010 –ITB).



Gambar 2.9 Autocad Land Desktop, Manual book LD,(2009)

2.7.2 *Agisoft PhotoScan*

Agisoft PhotoScan Professional adalah perangkat lunak untuk 3D medeling dan pengukuran, *PhotoScan* mampu melakukan pemodelan sidik jari dan berbagai

kemampuan yang hampir tak terbatas. Selain itu *PhotoScan* juga mampu membuat orthophoto bergeoreferensi dan mempunyai fitur pembuat DEM, karena itulah *PhotoScan* bisa berperan dalam bidang pemetaan dan pemantauan permukaan tanah, serta pekerjaan yang berhubungan dengan sistem informasi geografis (Lipurnomo, 2012).

Agisoft PhotoScan mampu memproses hingga puluhan ribu foto memberikan hasil dengan tingkat akurasi yang tinggi baik dalam dimensi horizontal maupun vertikal.

Agisoft PhotoScan Standard merupakan realisasi program dasar yang dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai tugas, seperti rekonstruksi pemodelan, digitasi benda dan adegan dalam pembuatan video game.

Fitur utama : Kalibrasi kamera otomatis, pencarian *tie-point* secara otomatis, triangulasi udara dan penyesuaian blok, pemodelan 3D dan ekspor dalam format TIN, serta pemetaan tekstur (Lipurnomo, 2012).

Agisoft PhotoScan Professional mencakup semua fungsi

edisi *standard* yang ditingkatkan dengan fitur seperti : Georeferensi, ekspor DEM data elevasi *GeoTIFF*, *Arc/inpho* jaringan ASCII, band format *file interleaved*, format *file XYZ*, membuat ortofoto, melakukan luas dan volume, dan *python scripting* (Lipurnomo, 2012).

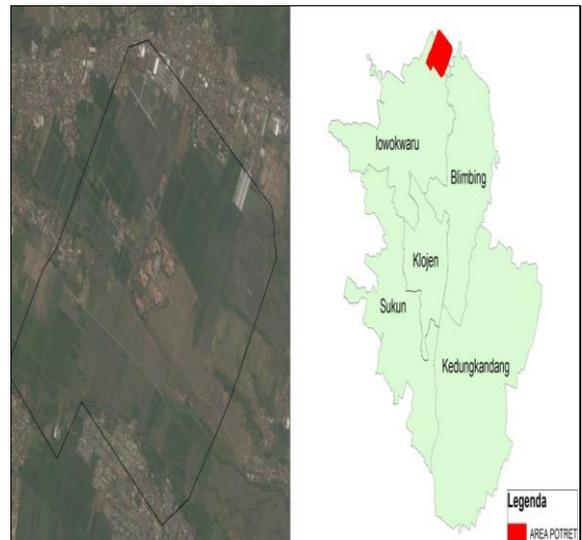


Gambar 2.10 Agisoft PhotoScan

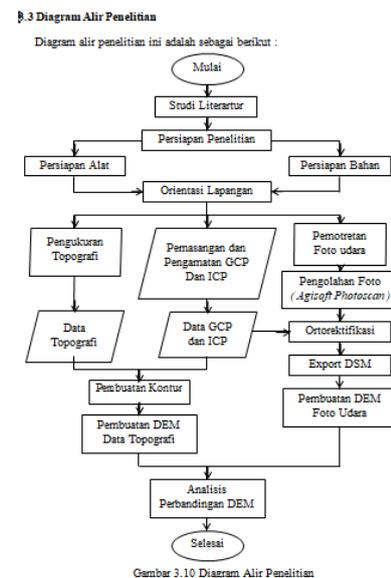
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitiannya terletak di Kelurahan Tasikmadu area persawahan Kampus 2 ITN Malang, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang dengan luas area pemotretan 113 ha.



Gambar 3.1 Area Penelitian



Adapun penjelasan mengenai diagram alir adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur.

Pada tahap ini penulis mendalami materi dan mencari referensi yang sesuai dengan tujuan penelitian.

2. Persiapan.

Untuk melakukan penelitian ini, ada beberapa hal yang harus dipersiapkan yaitu alat dan bahan yang akan digunakan serta persiapan administrasi seperti misalnya perijinan lokasi penelitian, persiapan transportasi yang diperlukan dan lain sebagainya.

3. Perencanaan titik GCP.

Pada tahap ini dilakukan perencanaan persebaran titik GCP pada area pengukuran (*Area of Interest*) dengan memperhatikan kondisi topografik pada peta dasar yang digunakan.

4. Pengukuran titik GCP.

Pada tahap ini dilakukan pengukuran titik GCP menggunakan GPS *geodetic* pada titik kontrol yang sudah tersebar pada area pemotretan dengan metode statik.

5. Pengukuran Topografi.

Pengukuran topografi dilakukan pada titik-titik ICP dan topografi area pekerjaan guna pembuatan DEM dan sebagai pembanding antara hasil *Orthophoto*.

6. Pengolahan Data Topografi.

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data hasil pengukuran GCP, dan Pengukuran Topografi dari *Total* guna pembuatan DEM.

7. Pembuatan DTM Topografi.

Hasil Pengolahan data topografi berupa koordinat selanjutnya akan diolah menjadi DTM pada software *ArcGis* 10.1

8. Foto Udara.

Pada tahap ini akan dilakukan pemotretan udara secara tegak sesuai jalur terbang yang sudah didesain dimulai dengan pemasangan premark dengan warna yang mencolok supaya dapat terlihat pada foto.

9. Pengolahan Data Foto.

Data hasil pemotretan udara secara tegak akan diproses menggunakan *software agisoft photoscan*.

10. Ortorektifikasi.

Setelah mendapatkan ortofoto serta koordinat titik-titik GCP dan ICP, selanjutnya dilakukan proses ortorektifikasi. Ortorektifikasi dilakukan agar ortofoto kembali pada posisi sebenarnya.

11. *Export* DSM.

Setelah proses ortorektifikasi, hasil ortofoto selanjutnya akan diolah menjadi DSM yang kemudian akan dibuat DTM.

12. Analisis Perbandingan DEM.

Pada tahap ini, akan dilakukan analisis hasil DEM dari pengukuran Topografi dibandingkan terhadap hasil DEM dari Foto Udara.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan Data Foto

Hasil pengolahan data dari foto yang menggunakan 8 titik GCP pada proses ortorektifikasi di *agisoft* adalah berupa *orthophoto* yang sudah terekstifikasi. *Orthophoto* yang dihasilkan dari foto secara visual terlihat bagus karena bentuk objek yang terlihat seperti sawah, perumahan atau bangunan terlihat sesuai dengan kondisi aktual di lapangan sehingga bisa dijadikan sebagai sebuah peta. *Orthophoto* tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



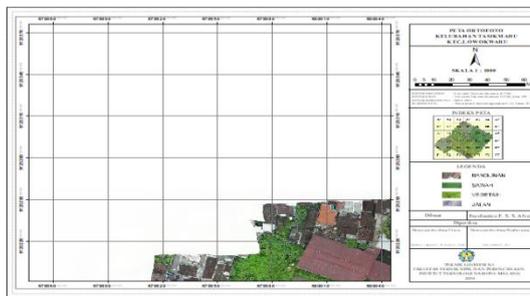
Gambar 4.1 *Orthophoto*

4.2 Hasil Peta *Orthophoto*

Orthophoto yang dijadikan sebagai peta adalah *orthophoto* yang dihasilkan dari foto udara tegak karena kenampakan objek-objek lapangan yang terpetakan jelas dan sesuai kondisi aktual. Skala yang dihasilkan dari pemotretan udara dengan *UAV drone DJI Phantom 4 Pro* setelah melalui proses ortorektifikasi dan uji ketelitian adalah skala 1:1000. Dari skala yang dihasilkan tersebut dilakukan proses kartografi untuk pembuatan *layout* dan memberi informasi pada peta, seperti judul peta, sistem koordinat yang digunakan, skala, legenda, sumber peta, indeks peta, tahun pembuatan peta, serta koordinat grid pada tepi peta untuk menghasilkan peta *orthophoto* yang memiliki

informasi tepi yang jelas sehingga bisa dijadikan sebagai peta dasar untuk perencanaan dalam berbagai macam bidang.

Berikut adalah hasil dari proses *layout* peta *orthophoto* yang menggunakan sistem koordinat *UTM WGS 1984*, yang memiliki 26 peta dengan skala 1 : 1000 untuk luas area 113 Ha.

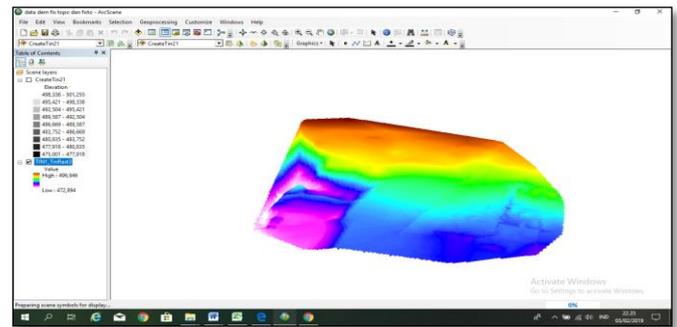


Gambar 4.2 Peta *Orthophoto*

4.3 Hasil DEM dari Topografi

Hasil pengolahan dari topografi yang diukur dengan alat TS dari titik-titik ICP untuk mendapatkan nilai Z serta membentuk DEM dari topografi yang dibagi menjadi dua interval yaitu kontur minor dengan interval 1 meter dan kontur mayor dengan interval 5 meter.

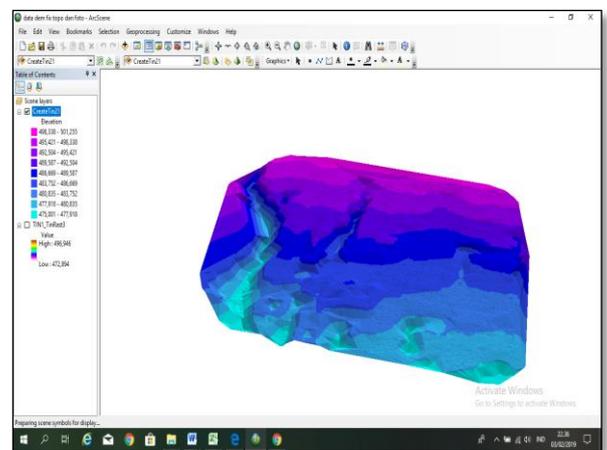
Hasil pengukuran *Total Station* dari titik-titik ICP yang akan jadi acuan untuk membandingkan dengan hasil titik-titik ICP dari foto udara.



Gambar 4.3 Hasil DEM dari Topografi

4.4 Hasil DEM dari Ortofoto

Hasil pembuatan DEM dari foto udara yang diekspor dari DSM ke DTM untuk melakukan analisa perbandingan dengan data pengukuran topografi.

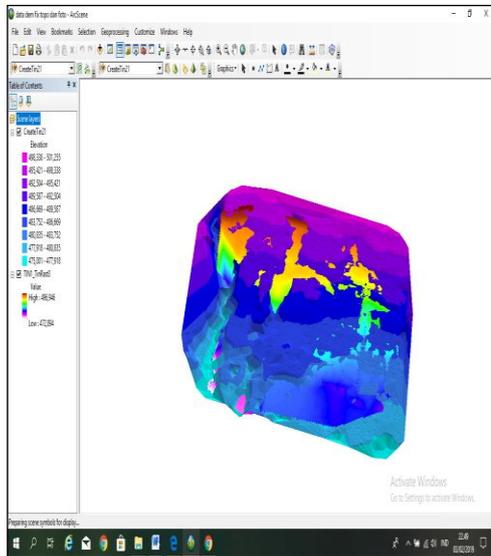


Gambar 4.4 Hasil DEM dari foto udara

4.5 Hasil DEM gabungan dari topografi dengan DEM dari ortofoto

Hasil DEM gabungan dari DEM foto udara dengan DEM topografi yang telah digabungkan menjadi satu

surface namun memiliki dua nilai elevasi yang berbeda.



Gambar 4.5 Hasil DEM Gabungan

4.6 Hasil Analisis Ketelitian

Orthophoto

Uji ketelitian geometrik horisontal *orthophoto* dan vertikal DEM dilakukan melalui proses perhitungan selisih koordinat lapangan (Topografi) dan koordinat dari foto sebanyak 267 titik uji.

1. Ketelitian Horizontal

Hasil perhitungan selisih koordinat horisontal (X,Y) diperoleh nilai RMSEr sebesar 0.084307 m. Nilai tersebut akan digunakan untuk perhitungan nilai *circular error* 90.

Tabel 4.1 Hasil perhitungan RMSEr dan CE90

RESIDUAL				
Id	CO DE	(dx) ² (m)	(dy) ² (m)	dx ² +dy ² (m)
0	CP1 81	0.0013 88	0.007855 277	0.0092 43
1	CP1 79	0.0014 58	0.000900 000	0.0023 58
2	CP1 78	5.26E- 05	0.000285 948	0.0003 39
3	CP1 82	0.0003 59	0.003210 355	0.0035 7
4	CP1 83	0.0002 41	0.010058 084	0.0102 99
5	CP1 89	0.0042 83	0.011625 153	0.0159 08
7	CP1 88	0.0020 00	0.000269 616	0.0022 7
8	CP1 86	0.0024 44	0.005998 502	0.0084 42
9	CP1 85	0.0004 86	9.17764E -05	0.0005 77
10	CP1 91	0.0001 47	9.50625E -05	0.0002 42
11	CP1 90	0.0001 25	0.001672 810	0.0017 98
12	CP1 98	0.0033 64	0.000724 686	0.0040 89
13	CP1 92	0.0043 35	0.000362 522	0.0046 97
14	CP1 93	0.0006 21	0.016793 568	0.0174 14
15	CP1 94	0.0056 76	4.84003E -08	0.0056 76
16	CP1 96	0.0016 81	0.002416 706	0.0040 98
17	CP1 95	1.36E- 05	0.002051 184	0.0020 65
:	:	:	:	:
26 7	CP2 79	0.0031 31	0.005387 56	0.0085 19
JUMLA				1.8977
H (m)				53
RATA- RATA (m)				0.0071 08
RMSEr (m)				0.0843 07
CE90 (m)				0.1279 36

Nilai ketelitian *orthophoto* adalah nilai (*Circular Error*) CE90 untuk ketelitian horisontal, yang berarti bahwa kesalahan posisi *orthophoto* tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%.

Hasil perhitungan nilai CE90 pada penelitian ini adalah sebesar 0.127936 m.

2. Ketelitian Vertikal

Hasil perhitungan RMSEz yang diperoleh dari hasil perhitungan selisih nilai Z lapangan dan Z pada DEM adalah sebesar 0.323816 m dan nilai LE90 pada penelitian ini adalah sebesar 0.534265 m. Nilai ketelitian DEM adalah nilai (*Linear Error*) LE90 untuk ketelitian vertikal, yang berarti bahwa kesalahan vertikal tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan RMSEz dan LE90

RESIDUAL				
id	CO DE	Z Lapan gan (m)	Z DEM (m)	dz ² (m)
0	CP1 81	480.3 61	479.95 1	0.168 469
1	CP1	480.8	480.60	0.064

	79	61	8	021	
2	CP1 78	481.5 46	481.26 8	0.077 245	
3	CP1 82	481.5 48	481.33 5	0.045 280	
5	CP1 89	482.1 15	482.03 3	0.006 732	
6	CP1 87	482.3 71	482.11 2	0.067 035	
7	CP1 88	482.2 42	482.03 1	0.044 394	
8	CP1 86	482.1 45	481.99 7	0.021 955	
9	CP1 85	482.2 30	482.04 1	0.035 587	
10	CP1 91	482.3 72	482.30 3	0.004 720	
11	CP1 90	482.4 50	482.30 6	0.020 643	
12	CP1 98	482.3 51	482.34 6	2.93E -05	
13	CP1 92	482.4 25	482.31 5	0.012 097	
14	CP1 93	482.2 42	482.05 4	0.035 380	
15	CP1 94	483.0 04	482.84 4	0.025 628	
16	CP1 96	482.5 92	482.57 6	0.000 257	
17	CP1 95	482.7 88	482.79 4	3.21E -05	
:	:	:	:	:	
:	:	:	:	:	
26	CP2 79	497.2 88	496.96 2	0.106 213	
				JUML AH (m)	27.99 684
				RATA - RATA (m)	0.104 857
				RMSE z (m)	0.323 816
				LE90 (m)	0.534 265

BAB V

KESIMPULANG DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan sebagai hasil akhir penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan CE90 horizontal pada analisa perbandingan *orthophoto* dari foto udara adalah sebesar 0,129360 m, maka *orthophoto* yang dihasilkan dari foto tegak memenuhi target yang ditetapkan yaitu skala 1:1000.

2. Hasil perhitungan LE90 pada perbandingan vertikal DEM dihasilkan DEM dengan ketelitian vertikal adalah DEM dengan nilai LE90 0,534265 m.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini banyak kekurangan yang perlu diperbaiki. Saran yang dapat diberikan untuk penelitian kedepan adalah sebagai berikut pembuatan *orthophoto* untuk dijadikan sebagai peta untuk perencanaan bisa menggunakan foto udara.