



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RM184831

**APLIKASI AIRBORNE HYDROGRAPHY AB (AHAB)  
UNTUK PENGUKURAN PERAIRAN DANGKAL  
(STUDI KASUS: KABUPATEN KEBUMEN)**

BRAMIASTO FAKHRUDDIN EKO PUTRANTO  
NRP 0331154000002

Dosen Pembimbing  
Dinar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
Khomsin, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019





TUGAS AKHIR - RM184831

**APLIKASI *AIRBORNE HYDROGRAPHY* AB (AHAB)  
UNTUK PENGUKURAN PERAIRAN DANGKAL  
(STUDI KASUS: KABUPATEN KEBUMEN)**

Bramiasto Fakhruddin Eko Putranto  
NRP 0331154000002

Dosen Pembimbing  
Dinar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
Khomsin, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



FINAL ASSIGNMENT - RM184831

**THE APPLICATION OF AIRBORNE HYDROGRAPHY  
AB (AHAB) FOR SHALLOW WATER  
MEASUREMENT  
(CASE STUDY: KEBUMEN REGENCY)**

Bramiasto Fakhruddin Eko Putranto  
NRP 0331154000002

Supervisors

Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
Khomsin, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF GEOMATIC ENGINEERING  
Faculty of Civil, Enviromental, and Geo-Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2019

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

**APLIKASI AIRBORNE HYDROGRAPHY AB (AHAB)  
UNTUK PENGUKURAN PERAIRAN DANGKAL  
(STUDI KASUS: KABUPATEN KEBUMEN)**

Nama Mahasiswa : Bramiasto Fakhruddin Eko Putranto  
NRP : 0331154000002  
Departemen : Teknik Geomatika FTSLK-ITS  
Pembimbing : Danar Guruh Pratomo, S.T.,M.T.,Ph.D.  
Khomsin, S.T.,M.T.

**ABSTRAK**

Berdasarkan UU Nomor 6 Tahun 1996 tentang Perairan Indonesia, perairan Indonesia meliputi laut teritorial Indonesia, perairan kepulauan, dan perairan pedalaman. Tidak mudah dalam pemetaan perairan Indonesia yang sangat luas. Ada beberapa metode untuk menentukan kedalaman antara lain: metode mekanik, metode akustik, dan metode optik. Dalam pemetaan kedalaman menggunakan metode akustik menggunakan alat *echosounder* tidak bisa menjangkau daerah perairan dangkal sepenuhnya.

Seiring perkembangan teknologi, muncul teknologi baru *Airborne LiDAR Bathymetry*. *Airborne LiDAR Bathymetry* (ALB) adalah teknologi canggih yang efektif untuk memetakan dan mengukur kedalaman air di zona pesisir perairan dangkal serta badan air tawar pedalaman seperti sungai dan danau.

Penelitian ini akan dilakukan untuk melakukan validasi data di area perairan dangkal dari hasil pengukuran menggunakan *Airborne Hydrography AB*. Pengukuran validasi akan dilakukan dengan menggunakan metode mekanik (*lead line*) dan pengukuran kekeruhan air menggunakan *Secchi Disk* untuk mengetahui penetrasi gelombang sinar hijau *Airborne Hydrography AB* pada air.

Hasil perbandingan kedalaman data *Airborne Hydrography* dan data validasi memiliki selisih rata-rata 0,177 m dengan nilai min 0,037 m dan max 0,763 m. Hasil perbandingan permukaan

dasar perairan dari validasi dan *Airborne Hydrography* terdapat selisih 2-22 cm. Selisih min 2 cm pada lokasi delapan dan selisih max 22 cm pada lokasi pertama. Dari pengukuran *Secchi Disk* penetrasi gelombang sinar hijau *Airborne Hydrography* hanya dapat menjangkau kedalaman 0,255 m sampai 0,960 m. Hasil validasi permukaan dasar perairan 2-22 cm merupakan endapan (lumpur) di dasar sungai, menyebabkan gelombang sinar hijau *Airborne Hydrography* tidak dapat menjangkau sampai permukaan dasar perairan. Uji Akurasi Vertikal 11 lokasi validasi yang dilakukan menghasilkan nilai 0,239 m. Namun demikian, lebih baik proses validasi lapangan dilakukan bersamaan dengan pengukuran atau tidak berjarak jauh dengan waktu pengukuran. Selain itu hasil penelitian ini juga menghasilkan pemodelan *Digital Elevation Model* (DEM) dari perairan dangkal hasil pengukuran menggunakan *Airborne Hydrography*. Pembuatan *Digital Elevation Model* (DEM) dilakukan dari proses klasifikasi *point cloud Airborne Hydrography*.

***Kata Kunci : Airborne Hydrography AB, Kedalaman, Kekekruhan, Uji Akurasi Vertikal, Digital Elevation Model (DEM)***



**THE APPLICATION OF AIRBORNE HYDROGRAPHY AB  
(AHAB) FOR SHALLOW WATER MEASUREMENT  
(CASE STUDY: KEBUMEN REGENCY)**

*Name* : Bramiasto Fakhruddin Eko Putranto  
*ID Number* : 03311540000002  
*Department* : Geomatics Engineering FTSLK-ITS  
*Supervisors* : Danar Guruh Pratomo, S.T.,M.T.,Ph.D.  
Khomsin, S.T.,M.T.

**ABSTRACT**

*Based on Constitution Number 6 of 1996 concerning Indonesian Waters, Indonesian waters include Indonesian territorial sea, island waters and inland waters. It is not easy mapping Indonesia's shallow waters. There are several methods for determining depth namely mechanical methods, acoustic methods, and optical methods. Mapping using acoustic waves is not enough to cover up the shallow water area.*

*Along with the development of technology, appeared new technologies namely Airborne LiDAR Bathymetry. Airborne LiDAR Bathymetry (ALB) is an advanced technology that is effective for mapping and measuring water depth in shallow water, coastal zones and inland freshwater bodies such as rivers and lakes.*

*This research will be conducted to validate data in shallow water areas from the measurement results using Airborne Hydrography AB. Validation measurements carried out using the mechanical method (lead line) and water turbidity measurements using Secchi Disk to determine the penetration of green light waves Airborne Hydrography AB in water.*

*The results show that comparison between airborne's depth data and validation data has an average difference of 0.177 m with a min value 0.037 m in fifth location and max 0.763 m in fourth location. The results comparison of bottom surface waters from validation and airborne has 2-22 cm difference, With min of*

*2 cm difference in eighth location and max of 22 cm difference in first location. From the turbidity measurement using Secchi disk the penetration of LiDAR green light waves can only reach depths 0.255 m to 0.960 m. Bottom surface validation 2-22 cm is a sludge (mud) in the river bed, causing Airborne Hydrography green light waves unable to reach the bottom surface. The Vertical Accuracy Test 11 validation location showed the value of 0.239 m. However, it is preferable that the validation data process carried out together with the measurement or not far from the airborne measurement. Besides, the results of this research also produced DEM Modeling from the shallow waters measured using Airborne Hydrography. The making of the Digital Elevation Model (DEM) is carried out from the point cloud Airborne Hydrography classification process.*

***Keywords : Airborne Hydrography AB, Depth, Turbidity, Vertical Accuracy Test, Digital Elevation Model (DEM)***

## HALAMAN PENGESAHAN

# APLIKASI *AIRBORNE HYDROGRAPHY* AB (AHAB) UNTUK PENGUKURAN PERAIRAN DANGKAL (STUDI KASUS: KABUPATEN KEBUMEN)

## TUGAS AKHIR

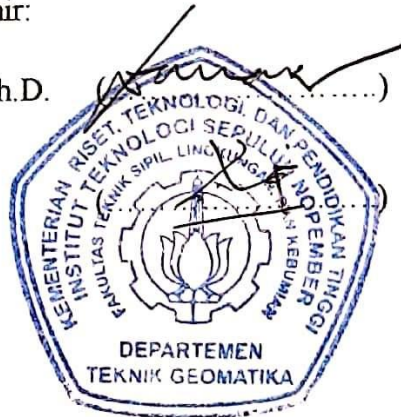
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**BRAMIASTO FAKHRUDDIN EKO PUTRANTO**  
NRP 03311540000002

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dinar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 19800507 200312 1 001
2. Khomsin, S.T., M.T.  
NIP. 19750705 200012 1 001



**SURABAYA, 24 JULI 2019**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, hidayat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik dan tepat waktu.

Selama pelaksanaan penelitian Tugas Akhir, banyak pihak yang telah membantu penulis sehingga dapat berjalan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, Bapak Budiyanto dan Ibu Sri Fariastuti yang selalu mendukung dan membantu terlaksananya penelitian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika FTSLK-ITS.
3. Bapak Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Khomsin, S.T, M.T atas bimbingan dan arahannya selama mengerjakan Tugas Akhir.
4. Mr. Oliver, Mr. Francisco, Bu Syanti, Pak Marvan, Pak Samsul, Pak Noviar, Mas Balya Farras, dan Pak Uja yang sudah membimbing dan membantu dalam proses pengolahan data *Airborne Hydrography* dan orthophoto.
5. Seluruh karyawan di PT. Map Tiga Internasional atas semua bantuan dan bimbingan selama mengerjakan Tugas Akhir.
6. Agung Dwi Yulianto, Ivandi Hardhika Prasetya dan Fajar Adi Pramudya yang sudah membantu dalam pengambilan data validasi di Kebumen, Jawa Tengah.
7. Rekan-rekan satu bimbingan: Thina, Orchid, Nada, Ojan, Fikri, Ayus, Farras, Happy, dan Axel. Rekan lembur di Lab Geomarine.
8. Kepada teman-teman angkatan 2015 Teknik Geomatika ITS menjadi partner selama 4 tahun yang selalu mendukung dan sudah membantu selama proses mengerjakan Tugas Akhir.
9. Annan Fahry teman mengolah data dari Universitas Gajah Mada (UGM) yang sudah membantu dalam proses pengolahan data *Airborne Hydrography*.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan laporan ini. Mohon maaf apabila masih terdapat kesalahan dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
ABSTRAK .....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah.....	7
2.2 Metode Pengukuran Kedalaman.....	10
2.2.1 Metode Mekanik.....	10
2.2.2 Metode Optik.....	11
2.3 LiDAR.....	12
2.3.1 Prinsip dan Teknik Dasar LiDAR .....	13
2.3.2 LiDAR <i>Bathymetry</i> .....	14
2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kekuatan LiDAR di Perairan.....	17
2.5 <i>Secchi Disk</i> .....	18
2.6 Uji Akurasi Vertikal .....	20
2.7 <i>Digital Elevation Model (DEM)</i> .....	21
2.8 Penelitian Terdahulu.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	25
3.1 Lokasi Penelitian .....	25
3.2 Alat dan Bahan .....	26
3.2.1 Alat .....	26
3.2.2 Bahan.....	27

3.2.3	<i>Software</i> Pengolahan .....	27
3.3	Diagram Alir.....	27
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....		31
4.1	Hasil.....	31
4.1.1	Hasil Pengukuran <i>Airborne Hydrography</i> AB .....	31
4.1.2	Hasil Pengukuran Validasi .....	34
4.1.3	Hasil Pemodelan <i>Digital Elevation Model</i> .....	37
4.2	Analisa.....	44
4.2.1	Analisa Perbandingan Kedalaman Air.....	44
4.2.2	Analisa Penetrasi Sinar Hijau <i>Airborne Hydrography</i> AB .....	47
4.2.3	Uji Akurasi Vertikal .....	49
BAB V PENUTUP .....		53
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....		55
LAMPIRAN		

-



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prosentase Persebaran Penggunaan Lahan .....	7
Gambar 2.2	Prosentase Persebaran Lahan Kering .....	8
Gambar 2.3	Prosentase Persebaran Lahan Pertanian .....	8
Gambar 2.4	Prosentase Persebaran Lahan Non Pertanian.....	9
Gambar 2.5	Prosentase Curah Hujan Kabupaten Kebumen Tahun 2016 dan 2017.....	9
Gambar 2.6	Pengukuran Kedalaman Metode Mekanik.....	10
Gambar 2.7	Pengukuran Kedalaman Metode Optik.....	11
Gambar 2.8	<i>Light Detection and Ranging</i> .....	12
Gambar 2.9	Cara Kerja LiDAR.....	13
Gambar 2.10	Prinsip <i>Airborne LiDAR Bathymetry</i> .....	15
Gambar 2.11	Karakteristik Sinar Hijau dan Sinar Merah pada LiDAR.....	16
Gambar 2.12	Pengukuran menggunakan <i>Secchi Disk</i> .....	19
Gambar 2.13	<i>Digital Elevation Model</i> .....	22
Gambar 3.1	Lokasi Validasi Data dari Sebelas Titik Sampel ...	26
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 4.1	Hasil Klasifikasi Topografi .....	31
Gambar 4.2	Hasil Klasifikasi <i>Bathymetry</i> .....	32
Gambar 4.3	Potongan Melintang Sungai.....	33
Gambar 4.4	Desain Pengukuran Validasi.....	35
Gambar 4.5	<i>Digital Elevation Model</i> Lokasi 1 .....	37
Gambar 4.6	<i>Digital Elevation Model</i> Lokasi 2 .....	38
Gambar 4.7	<i>Digital Elevation Model</i> Lokasi 3 .....	38
Gambar 4.8	<i>Digital Elevation Model</i> Lokasi 4 .....	39
Gambar 4.9	<i>Digital Elevation Model</i> Lokasi 5 .....	39
Gambar 4.10	<i>Digital Elevation Model</i> Lokasi 6 .....	40
Gambar 4.11	<i>Digital Elevation Model</i> Lokasi 7 .....	41
Gambar 4.12	<i>Digital Elevation Model</i> Lokasi 8 .....	41
Gambar 4.13	<i>Digital Elevation Model</i> Lokasi 9 .....	42
Gambar 4.14	<i>Digital Elevation Model</i> Lokasi 10 .....	43

Gambar 4.15 *Digital Elevation Model* Lokasi 11.....43

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Alat Leica Chiroptera II .....	16
Tabel 2.2 Karakteristik sensor ALB .....	20
Tabel 3.1 Koordinat Lokasi Penelitian.....	25
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kedalaman Air <i>Airborne</i> <i>Hydrography AB</i> .....	33
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Validasi .....	35
Tabel 4.3 Perbandingan Kedalaman.....	44
Tabel 4.4 Curah Hujan Bulan Mei 2018 dan Januari 2019 .....	45
Tabel 4.5 Debit Air Harian Stasiun Bedegolan .....	46
Tabel 4.6 Debit Harian Stasiun Pejengkolan.....	47
Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Z Permukaan Dasar Perairan .....	48
Tabel 4.8 Perhitungan Uji Akurasi Vertikal.....	49

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **LAMPIRAN**

Lampiran 1 Pengukuran Data Validasi

Lampiran 2 Form Pengukuran Data Validasi

Lampiran 3 Visualisasi Penampang Melintang Sungai

Lampiran 4 *Peta Digital Elevation Model* Perairan Dangkal

Lampiran 5 Biodata Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Berdasarkan UU Nomor 6 Tahun 1996 tentang Perairan Indonesia, perairan Indonesia meliputi laut teritorial Indonesia, perairan kepulauan, dan perairan pedalaman. Perairan pedalaman terdiri atas laut pedalaman dan perairan darat. Laut pedalaman adalah bagian laut yang terletak pada sisi darat dari garis penutup pada mulut sungai, kuala, teluk, anak laut, dan pelabuhan. Sedangkan perairan darat adalah segala perairan yang terletak pada sisi darat dari garis air rendah, kecuali pada mulut sungai perairan darat adalah segala perairan yang terletak pada sisi darat dari garis penutup mulut sungai.

Tidak mudah dalam pemetaan perairan Indonesia yang sangat luas. Ada beberapa metode untuk menentukan kedalaman perairan, antara lain : metode mekanik, metode akustik, dan metode optik (Poerbandono dan Djunarsjah 2005). Metode mekanik yaitu pengukuran kedalaman menggunakan *lead line*. Metode akustik yaitu pengukuran kedalaman menggunakan gelombang akustik atau biasanya menggunakan alat *echosounder*, namun dalam pemetaan menggunakan gelombang akustik tidak bisa menjangkau daerah perairan dangkal sepenuhnya. Metode penentuan kedalaman selanjutnya adalah metode optik yaitu pengukuran kedalaman menggunakan gelombang elektromagnetik LiDAR (*Light Detection And Ranging*).

LiDAR (*Light Detection And Ranging*) adalah bagian sistem indera yang menggunakan sensor aktif (menggunakan sumber energi-nya sendiri, bukan dari pantulan sinar matahari), dan bekerja dengan membandingkan karakteristik sinyal transmisi dan pantulannya (selisih waktu rambat pulsa, panjang gelombang, dan sudut pantulan) (Wehr 1999). Disebut aktif karena dalam proses akuisisi data, perangkat keras dalam sistem ini bekerja dengan memancarkan gelombang laser. Proses akuisisi data pada LiDAR memiliki komponen sistem

yang kompleks dan bekerjanya tidak secara simultan serta dipengaruhi oleh berbagai bias. LIDAR merupakan perpaduan antara LRF (*Laser Range Finder*), POS (*Positioning and Orientation System*) yang mengintegrasikan DGPS (*Differential Global Positioning System*), IMU (*Inertial Measurement Unit*) dan *Control Unit*. Teknologi LiDAR merupakan salah satu teknologi baru dalam dunia pemetaan, selain untuk data topografi, sekarang LiDAR juga sudah mendukung pemetaan area perairan atau laut (*Bathymetry*).

Sensor LiDAR berfungsi untuk memancarkan sinar laser ke objek dan merekam kembali gelombang pantulannya setelah mengenai objek. Pada umumnya gelombang yang dipancarkan oleh sensor yang terdiri dari atas dua bagian, yaitu gelombang hijau dan gelombang inframerah. Gelombang hijau berfungsi sebagai gelombang penetrasi jika suatu sinar laser mengenai daerah perairan. Sinar hijau berfungsi untuk mengukur data kedalaman, sedangkan sinar inframerah berfungsi untuk mengukur data topografi daratan atau permukaan bumi. Sensor LiDAR memiliki kemampuan dalam pengukuran *multiple return*. *Multiple return* digunakan untuk menentukan bentuk dari objek atau vegetasi yang menutupi permukaan tanah (Putra 2016).

*Airborne LiDAR Bathymetry (ALB)* adalah teknologi canggih yang efektif untuk memetakan dan mengukur kedalaman air di zona pesisir perairan dangkal serta badan air tawar pedalaman seperti sungai dan danau. Kemampuan berkas cahaya untuk mendeteksi dan melintasi kolom air dangkal telah memberikan informasi yang berharga tentang *waterbodies* pesisir dan darat yang tidak dipetakan dan sering kali kurang dipahami (Saylam dkk 2018). Biro Ekonomi Geologi (BEG) telah mengoperasikan sistem ALB, *Leica Airborne Hydrography AB 'Chiroptera'*, sejak tahun 2012. *The Chiroptera* kemampuan pemetaan air dangkal dan menggunakan panjang gelombang inframerah pendek (NIR) 1,064  $\mu\text{m}$  untuk topografi dan panjang gelombang hijau 0,515



$\mu\text{m}$  untuk batimetri pengumpulan data. Sensor NIR memungkinkan survei hingga 1500 m di atas permukaan tanah dan catatan pulsa hingga 400 kHz pada ketinggian yang lebih rendah. Pada tahun 2017 saja, BEG telah melakukan lebih dari 100 jam survei ALB secara berganda lokasi di seluruh AS.

Penelitian ini akan dilakukan untuk melakukan validasi data di area perairan dangkal dari hasil pengukuran menggunakan *Airborne Hydrography AB*. Pada perbandingan tersebut akan diketahui selisih pengukuran yang dilakukan dari hasil validasi di lapangan dengan hasil pengukuran menggunakan *Airborne Hydrography AB*. Selain itu juga akan dilakukan pengukuran kedalaman menggunakan *Secchi Disk* untuk mengetahui kejernihan air yang mempengaruhi dari penetrasi sinar hijau *Airborne Hydrography AB*. Harapannya dengan dilakukan validasi ini, akan diketahui selisih atau hasil pengukuran yang sama dari hasil pengukuran lapangan dengan hasil pengukuran *Airborne Hydrography AB* dalam pengukuran kedalaman perairan. Nantinya *Airborne Hydrography AB* dapat dijadikan rekomendasi dalam pemetaan baik wilayah darat maupun perairan dengan waktu yang lebih efektif dan efisien dan cakupan area pemetaan yang sangat luas.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian kali ini antara lain:

1. Bagaimana validasi data lapangan dari hasil pengukuran *Airborne Hydrography AB* dilakukan?
2. Berapa perbedaan kedalaman dari pengukuran yang dilakukan di lapangan dan pengukuran menggunakan *Airborne Hydrography AB*?
3. Berapa perbedaan pengukuran permukaan dasar perairan validasi di lapangan dengan *Airborne Hydrography AB*?
4. Bagaimana pembuatan *Digital Elevation Model (DEM)* dari *Airborne Hydrography AB*?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian kali ini antara lain :

1. Proses validasi dilakukan pengukuran kedalaman sungai dan kekeruhan air.
2. Validasi data perairan yang diukur adalah sebelas titik sampel sungai di Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Setiap titik sampel dilakukan tiga pengambilan data kedalaman dan koordinat sampel.
3. Pengukuran validasi kedalaman dan kekeruhan air menggunakan metode *lead line* dan alat *Secchi Disk*. Alat *Secchi Disk* dilakukan untuk mengetahui kekeruhan air.
4. Pengukuran kedalaman dan permukaan dasar perairan menggunakan metode *lead line* dan *GPS Geodetic*.
5. Perbandingan kedalaman dan perbandingan permukaan dasar perairan dari proses validasi dan *Airborne Hydrography AB*.
6. Pembuatan *Digital Elevation Model (DEM)* dari *Point Cloud* pengukuran *Airborne Hydrography AB*.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Melakukan validasi kedalaman dan kekeruhan air.
2. Membandingkan kedalaman hasil pengukuran di lapangan dengan hasil pengukuran menggunakan *Airborne Hydrography AB*.
3. Menganalisis penetrasi sinar hijau *Airborne Hydrography* terhadap kekeruhan air.
4. Membuat *Digital Elevation Model (DEM)* Perairan Dangkal.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Dapat mengetahui informasi kedalaman perairan dangkal pada area pengukuran.

2. Dapat mengetahui informasi ketinggian topografi pada area pengukuran.
3. Dapat menjadikan rekomendasi pengukuran efektif dan efisien menggunakan *Airborne Hydrography AB* dalam pengukuran perairan dangkal.

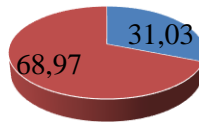
***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah

Lokasi penelitian Tugas Akhir yang akan dilakukan adalah di Kabupaten Kebumen Jawa Tengah. Kabupaten Kebumen secara administratif terdiri dari 26 kecamatan dengan luas wilayah sebesar 128.111,50 hektar atau 1.281,115 km<sup>2</sup>, dengan kondisi beberapa wilayah merupakan daerah pantai dan perbukitan, sedangkan sebagian besar merupakan dataran rendah. Dari luas wilayah Kabupaten Kebumen, pada tahun 2013 tercatat 39.748,00 hektar merupakan lahan sawah dan 88.363,50 hektar lahan kering (Pemerintah Daerah Kabupaten Kebumen 2015). Diagram prosentase seperti pada Gambar 2.1.

#### Penggunaan Lahan



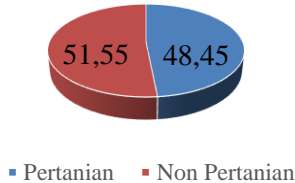
■ Lahan Sawah ■ Lahan Kering

Gambar 2.1 Prosentase Persebaran Penggunaan Lahan

Penelitian Tugas Akhir yang akan dilakukan pada area irigasi di Kabupaten Kebumen Jawa Tengah. Menurut sistem irigasinya, sebagian besar lahan sawah beririgasi teknis (50,34%), dan hampir seluruhnya dapat ditanami dua kali dalam setahun, beririgasi setengah teknis (9,23%), beririgasi sederhana (5,77%), dan beririgasi desa (2,65%).

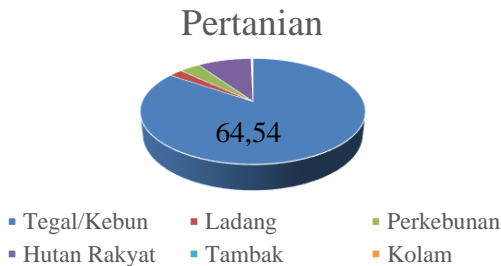
Penggunaan lahan kering (bukan sawah) dibagi menjadi untuk lahan pertanian sebesar 42.799,50 hektar dan bukan untuk pertanian sebesar 45.544,00 hektar. Diagram prosentase seperti pada Gambar 2.2.

## Lahan Kering



Gambar 2.2 Prosentase Persebaran Lahan Kering

Lahan kering untuk pertanian terbagi menjadi untuk tegal/kebun seluas 27.629,00 hektar, ladang/huma seluas 745,00 hektar, perkebunan seluas 1.159,00 hektar, hutan rakyat seluas 3.011,00 hektar, tambak seluas 24,00 hektar, kolam seluas 53,50 hektar, padang penggembalaan seluas 33,00 hektar, sementara tidak diusahakan seluas 231,00 hektar, dan lainnya seluas 9.914,00 hektar (Pemerintah Daerah Kabupaten Kebumen 2015). Diagram prosentase seperti Gambar 2.3.

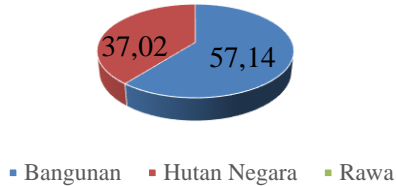


Gambar 2.3 Prosentase Persebaran Lahan Pertanian

Sedangkan lahan kering bukan untuk pertanian digunakan untuk bangunan seluas 26.021,00 hektar, hutan negara seluas 16.861,00 hektar, rawa-rawa seluas 12,00 hektar serta lainnya seluas 2.670 hektar (Pemerintah Daerah Kabupaten

Kebumen 2015). Diagram prosentase seperti pada Gambar 2.4.

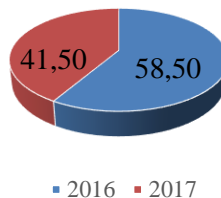
### Non Pertanian



Gambar 2.4 Prosentase Persebaran Lahan Non Pertanian

Pada tahun 2017 curah hujan di Kabupaten Kebumen lebih rendah dari tahun 2016. Tercatat curah hujan selama tahun 2017 sebesar 3.617,00 mm lebih rendah dari tahun sebelumnya, yaitu pada tahun 2016 tercatat curah hujan sebesar 5.098,00 mm. Sedangkan hari hujan pada tahun 2017 juga lebih rendah dari tahun sebelumnya, tercatat pada tahun 2017 hari hujan sebanyak 201 hari. Sedangkan pada tahun 2016 tercatat hari hujan sebanyak 245 hari (Badan Pusat Statistik Kabupaten Kebumen 2018). Diagram prosentase seperti pada Gambar 2.5.

### Curah Hujan Kabupaten Kebumen 2016 dan 2017



Gambar 2.5 Prosentase Curah Hujan Kabupaten Kebumen Tahun 2016 dan 2017

## **2.2 Metode Pengukuran Kedalaman**

Pengukuran validasi yang dilakukan antara lain melakukan pengukuran kedalaman pada lokasi validasi. Pengukuran kedalaman dapat dilakukan dengan metode mekanik, metode akustik, dan metode optik (Poerbandono dan Djunarsjah 2005). Metode yang digunakan pada penelitian, ini yaitu membandingkan kedalaman menggunakan metode mekanik dan metode optik.

### **2.2.1 Metode Mekanik**

Validasi data penelitian ini menggunakan metode mekanik dalam penentuan kedalaman. Metode mekanik merupakan metode yang paling awal yang pernah dilakukan manusia untuk melakukan pengukuran kedalaman. Metode ini sering disebut juga dengan metode pengukuran kedalaman secara langsung (Poerbandono dan Djunarsjah 2005). Pada beberapa kondisi lapangan tertentu, misalnya daerah perairan yang sangat dangkal atau rawa, cara ini masih cukup efektif untuk digunakan. Instrumen yang dipakai untuk melakukan pengukuran antara lain pita ukur atau rambu ukur.

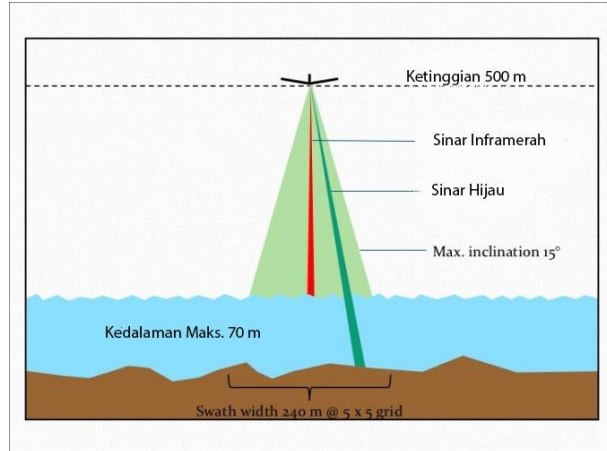


Gambar 2.6 Pengukuran Kedalaman Metode Mekanik  
(NOAA 2017)



### 2.2.2 Metode Optik

Metode penentuan kedalaman yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode optik. Pengukuran kedalaman dengan metode optik merupakan cara terbaru yang digunakan untuk pemeruman. Metode ini memanfaatkan transmisi sinar laser dari pesawat terbang dan prinsip-prinsip optik untuk mengukur kedalaman perairan. Teknologi ini dikenal dengan sebutan *Laser Airborne Bathymetry (LAB)* dan telah dikembangkan menjadi suatu sistem pemeruman oleh beberapa negara di Amerika dan Australia (Poerbandono dan Djunarsjah 2005). Sistem *Light Detection and Ranging (LiDAR)* dikenal di Kanada, di Amerika Serikat dikenal sistem *Airborne Oceanographic LiDAR (AOL)* dan *Hydrographic Airborne Laser Sounder (HALS)*, sedangkan di Australia dikenal sistem *Laser Airborne Depth Sounder (LADS)*.



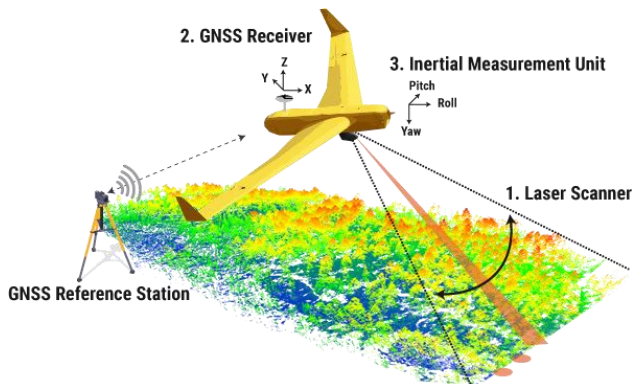
Gambar 2.7 Pengukuran Kedalaman Metode Optik (Beaman 2011)

### 2.3 LiDAR

Menurut Wehr (1999), *Light Detection And Ranging* (LiDAR) adalah bagian sistem indera yang menggunakan sensor aktif (menggunakan sumber energi-nya sendiri, bukan dari pantulan sinar matahari), dan bekerja dengan membandingkan karakteristik sinyal transmisi dan pantulannya (selisih waktu rambat pulsa, panjang gelombang, dan sudut pantulan).

Seperti teknologi radar, yang menggunakan gelombang radio, jarak menuju obyek ditentukan dengan mengukur selang waktu antara transmisi pulsa dan deteksi sinyal yang dipancarkan. Teknologi LiDAR memiliki kegunaan dalam bidang geomatika, arkeologi, geografi, geologi, geomorfologi, seismologi, fisik atmosfer, dan lain-lain. Sebutan lain untuk LiDAR adalah *Airborne Laser Swath Mapping* (ALSM) dan altimetri laser.

Akronim LiDAR (*Light Detection and Ranging*) sering digunakan dalam konteks militer. Sebutan radar laser juga digunakan tapi tidak berhubungan karena menggunakan cahaya laser dan bukan gelombang radio yang merupakan dasar dari radar konvensional.

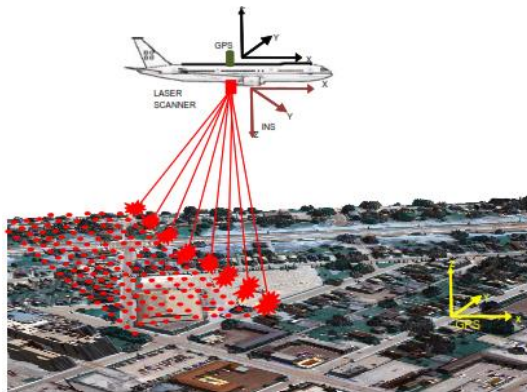


Gambar 2.8 *Light Detection and Ranging* (Yellowscan 2017)

LiDAR menggunakan cahaya inframerah, ultraviolet, tampak atau dekat dengan objek gambar dan dapat digunakan untuk berbagai target/objek, termasuk benda-benda non-logam, batu, hujan, senyawa kimia, aerosol, awan dan bahkan molekul tunggal. Sebuah sinar laser dapat digunakan untuk memperoleh fitur peta fisik dengan resolusi sangat tinggi (Suprayogi, Marwati, dan Prasetyo 2018).

### 2.3.1 Prinsip dan Teknik Dasar LiDAR

Sistem LiDAR merupakan perpaduan antara *Laser Range Finder (LRF)*, *Positioning and Orientation System (POS)* yang diintegrasikan dengan *Differential Global Positioning System (DGPS)*, *Inertial Measurement Unit (IMU)* dan *Control Unit*. Prinsip kerja sistem LiDAR secara umum adalah sensor memancarkan sinar laser ke target di permukaan bumi, kemudian sinar laser tersebut dipantulkan kembali ke sensor. Berkas sinar yang kembali kemudian dianalisis untuk mengetahui jarak dari sensor ke posisi objek dan menghasilkan posisi 3 dimensi melalui data posisi dan orientasi dari sensor (Lohani 1996).

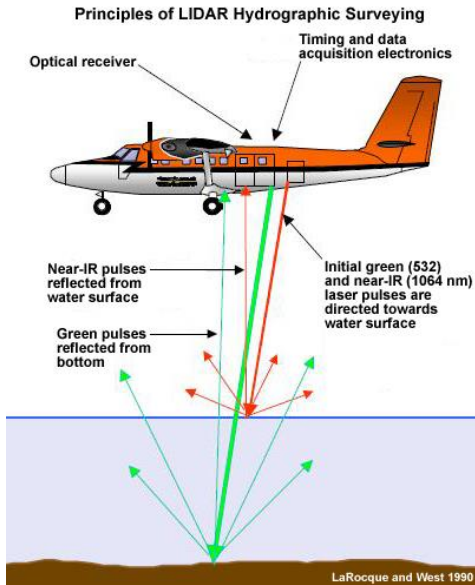


Gambar 2.9 Cara Kerja LiDAR (Lohani 1996)

Waktu yang dibutuhkan pulsa laser untuk menembak objek dan kembali ke sensor (yang sendiri memiliki lokasi yang dikenal karena langsung *georeferencing system*), menentukan jarak dengan menggunakan waktu tempuh, merekam sudut laser, dan kemudian, dari informasi ini, menghitung di mana objek yang mencerminkan (misalnya, tanah, pohon, mobil,dll) terletak di tiga dimensi. Untuk mencapai tingkat akurasi yang tinggi, proses ini sedikit lebih rumit karena penting untuk mengetahui, dalam sentimeter atau lebih, di mana pesawat terbang pada 100 sampai 200 mil per jam, terbang ke atas dan ke bawah, sambil melacak ratusan ribu pulsa LiDAR per detik. Untungnya, beberapa teknologi-terutama *Global Positioning System* (GPS) dan presisi giroskop bekerja secara bersama sama. *Inertial Measurement Unit* (IMU) atau *Inertial Navigation System* (INS) memiliki peran dalam menentukan posisi yang tepat dari pesawat. Sistem ini mampu mengukur gerakan ke segala arah dan parlaying pengukuran ini menjadi posisi.

### 2.3.2 LiDAR Bathymetry

Survei *bathymetri* dengan menggunakan wahana udara *Airborne Laser Bathymety* (ALB) bekerja berdasarkan transmisi sinar laser secara vertikal ke bawah dari pesawat udara dan mengukur selisih waktu antara sinar pantul dari permukaan laut dan dari dasar laut. Survei dilaksanakan oleh pesawat terbang yang terbang dengan ketinggian dan kecepatan (*ground speed*) tertentu. Arah penerbangan berupa pola perum berupa garis lurus menyilang jalur survei dengan spasi interval tertentu (Alif 2010).



Gambar 2.10 Prinsip *Airborne LiDAR Bathymetry*  
(LaRocque dan West 1990)

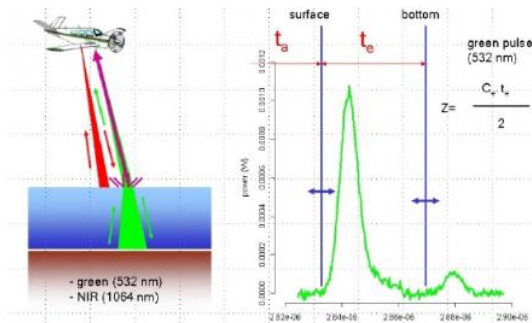
Sinyal laser dengan bantuan pasangan optik, memecah *output* sinar laser menjadi dua komponen sinar laser, yaitu sinar inframerah dan sinar hijau. Sinar hijau untuk melakukan *scanning* area secara menyilang jalur survei, dan dipantulkan oleh permukaan dan sebagian dapat menembus dasar perairan hingga dipantulkan kembali ke sensor. Pulsa inframerah pendek (NIR) digunakan sebagai laser altimeter, ditransmisikan pesawat udara dan dipantulkan oleh permukaan laut yang berfungsi sebagai referensi awal dari tinggi pesawat.

Pantulan sinar hijau diterima oleh lensa penjejak dan diteruskan ke teleskop penerima sinar hijau dan dideteksi oleh sinar hijau.

Tabel 2.1. Spesifikasi Alat Leica Chiroptera II (Leica 2015)

Frekuensi Sinar Hijau	35 kHz
Frekuensi NIR	500 kHz
Panjang Gelombang Sinar Hijau	0,515 $\mu\text{m}$
Panjang Gelombang NIR	1,064 $\mu\text{m}$
Kedalaman yang dapat dijangkau	1,5 x Kedalaman Secchi Disk
Akurasi Batimetri	0,15 meter ( $2\sigma$ )
Akurasi Topografi (Horizontal)	0,20 meter ( $1\sigma$ )

Pantulan pulsa infra merah pendek (NIR) diterima oleh sensor inframerah. Kedua sinyal pantul yang telah diterima oleh perangkat penerima selanjutnya diproses dan disimpan dalam bentuk digital. Hasil proses pengolahan sinar tersebut berupa data kedalaman. Setelah dikombinasikan dengan data posisi selanjutnya dilakukan *processing* data dan analisa.



Gambar 2.11 Karakteristik Sinar Hijau dan Sinar Merah pada LiDAR (Alif 2010)

## **2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kekuatan LiDAR di Perairan**

LiDAR *Bathymetry* mempunyai kemampuan penetrasi terhadap bidang yang dilaluinya, akan tetapi kemampuan yang dimiliki ini tergantung dari medium yang akan dilewatinya, di perairan (Alif 2010).

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan pulsa LiDAR di dalam perairan adalah sebagai berikut:

### a. Turbiditas

Energi sinar yang melalui medium air, intensitasnya akan dipengaruhi dua proses, yaitu:

- Penyerapan (absorpsi) dan konveksi kebentuk energi lain
- Penghamburan energi ke segala arah

Kedua komponen ini akan mengurangi intensitas energi sinar, dan berbanding lurus dengan kedalaman. Pengurangan intensitas ini diakibatkan oleh penyerapan dan penghamburan, hal ini disebut dengan turbiditas.

Turbiditas bernilai besar pada area perairan dengan *sea bottom* berkarakteristik suspensi padat, klorofil, dan material organik berkonsentrasi tinggi (Alif 2010).

### b. Komposisi Dasar Perairan

Banyak informasi yang terkandung pada sinyal LiDAR yang terekam kembali dalam bentuk digital pada sensor hanya mempunyai data kedalaman. Kemampuan penetrasi sinyal LiDAR juga tergantung kepada komposisi dasar perairan. Vegetasi yang terdapat pada dasar laut akan mempengaruhi reflektifitas dasar perairan dan mengurangi penetrasi kedalaman.

### c. Kondisi Cuaca

Pengaruh angin yang terlalu kencang dan pasang surut yang terlalu tinggi menyebabkan adanya

pergerakan masa air yang membawa sedimen dasar perairan ke dalam kolom air dan menyebabkan berkurangnya kejernihan air. Kondisi cuaca seperti kabut, asap, dan hujan dapat mempengaruhi kemampuan penetrasi sinar laser. Angin dapat menimbulkan busa pada permukaan air, yang menyebabkan berkurangnya kemampuan penetrasi kedalaman. Gelombang laut dapat menyebabkan bertambahnya kesalahan penentuan tinggi pesawat dan efek pembelokan arah sudut pancar (*beam*).

## **2.5 Secchi Disk**

*Secchi disk* merupakan kontras *instrument* mata manusia dalam melihat objek (*Secchi disk*) dan juga *background* lingkungan perairan, sehingga pembacaan hasilnya bergantung pada ketajaman visual dari pengamat. Perbedaan warna *Secchi* mempengaruhi nilai kedalaman *Secchi*. Secara teori, warna hitam akan menyerap cahaya sedangkan warna putih memantulkan cahaya. Hal ini menyebabkan kepingan *Secchi* berwarna hitam akan cepat tidak terlihat jika dibandingkan dengan yang berwarna putih, sedangkan kombinasi warna hitam-putih baik itu dua ataupun empat arsiran akan memiliki nilai kedalaman diantara *Secchi* hitam dan putih. *Secchi* berbentuk seperti piringan, berwarna putih dan berwarna hitam-putih tidak menunjukkan perbedaan nyata pada nilai kecerahannya (Jones and Bachmann 1978) dalam (Indaryanto 2015). *Secchi* berwarna hitam-putih menghilang lebih dahulu (7,6%) dibandingkan dengan *Secchi* berwarna putih. *Secchi* putih disarankan untuk pengukuran kecerahan di laut, *Secchi* berwarna hitam digunakan untuk di sungai atau perairan mengalir, sedangkan *Secchi* kombinasi hitam putih digunakan di perairan tergenang atau danau, hal ini disebabkan disesuaikan dengan kondisi *background* masing-masing perairan tersebut. Untuk dapat mengetahui penetrasi sinar hijau pada LiDAR dapat dihitung dengan persamaan



(2.1), dimana  $D_L = (1,5 - 3)D_S$  (Saylam dkk 2018) . Warna merah-putih memiliki nilai kecerahan yang hampir sama dengan warna hitam-putih, dibandingkan dengan warna hijau-putih dan kuning-putih (Pal, Das, and Chakraborty 2015).

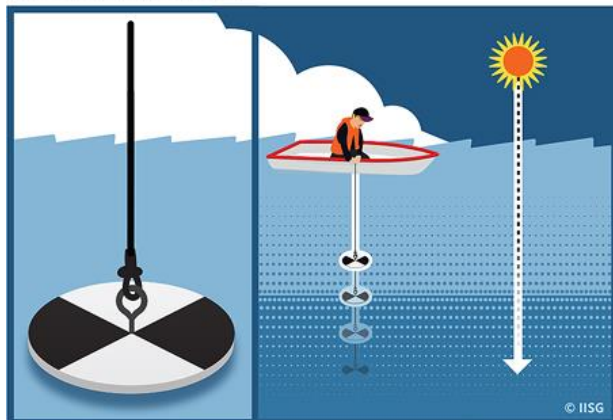
$$D_L = (1,5 - 3)D_S \quad (2.1)$$

Keterangan :

$D_L$  = Kedalaman LiDAR (Meter)

$D_S$  = Kedalaman yang diukur menggunakan *Secchi Disk* (Meter)

## Secchi Disk



Gambar 2.12 Pengukuran menggunakan *Secchi Disk* (IISG 2019)

## 2.6 Uji Akurasi Vertikal

Gelombang LiDAR yang dipancarkan oleh sensor terdiri atas dua bagian, yaitu: gelombang hijau dan gelombang inframerah. Gelombang hijau berfungsi sebagai gelombang penetrasi jika sinar laser mengenai daerah perairan. Gelombang inframerah berfungsi untuk melakukan pengukuran topografi atau bentuk permukaan bumi (Alif 2010).

Tabel 2.2 Karakteristik sensor ALB (Alif 2010)

Kedalaman maksimum	70 meter
Ketinggian topografi maksimum	50 meter
Cakupan Area	5 × 5 meter (lebar <i>swath</i> 240 m, kecepatan pesawat 175 knot)
	4 × 4 meter (lebar <i>swath</i> 200 m, kecepatan pesawat 140 knot)
	3 × 3 meter (lebar <i>swath</i> 100 m, kecepatan pesawat 150 knot)
	2 × 2 meter (lebar <i>swath</i> 50 m, kecepatan pesawat 140 knot)
Ketinggian Pesawat	366-670 meter
Daya tahan pesawat	8 jam
Akurasi Horizontal	± 4 m
Akurasi Vertikal	± 20 cm

Akurasi LiDAR umumnya dinyatakan dalam arah vertikal sebagaimana akurasi horizontal secara tidak langsung dikendalikan oleh akurasi vertikal. Ini juga karena fakta bahwa penentuan akurasi horizontal untuk data LiDAR sulit karena kesulitan dalam menemukan *Ground Control Points* (GCPs) yang sesuai dengan koordinat LiDAR (Lohani 1996).

Akurasi vertikal ditentukan dengan membandingkan koordinat  $Z_{data(i)}$  dan  $Z_{check(i)}$  (data dengan kebenaran ketinggian referensi) dapat dituliskan seperti persamaan (2.2) dan persamaan (2.3) untuk mengetahui akurasi vertikal (Lohani 1996). Uji akurasi vertikal terlebih dahulu melakukan perhitungan  $RMSE_Z$  sesuai dengan persamaan 2.2 di bawah ini.

$$RMSE_Z = \sqrt{\frac{(\sum(Z_{data(i)} - Z_{check(i)})^2)}{n}} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$Z_{data(i)}$  = Ketinggian pada Data (Meter)

$Z_{check(i)}$  = Ketinggian *Check* (Meter)

n = Banyak Data

Setelah menghitung  $RMSE_Z$ , kemudian menghitung uji akurasi vertikal dari hasil perhitungan  $RMSE_Z$  sesuai dengan persamaan 2.3 di bawah ini (Lohani 1996).

$$Uji \text{ Akurasi Vertikal} = 1,96 \times RMSE_Z \quad (2.3)$$

Keterangan :

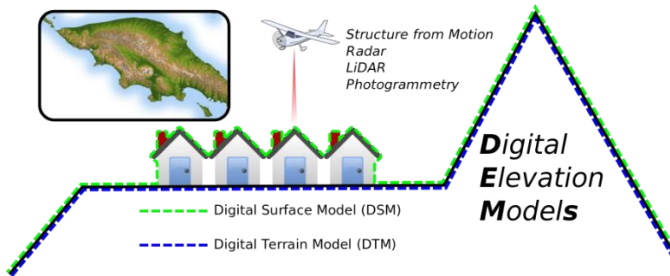
1,96 = Interval Kepercayaan 95%

$RMSE_Z$  = Nilai *Error Z*(Meter)

## **2.7 Digital Elevation Model (DEM)**

DEM (*Digital Elevation Model*) digunakan untuk melakukan pemodelan dari *terrain* dan *surface*. Pemodelan DEM biasanya digunakan untuk irigasi, topografi, 3D model, dan lain-lain. Dari pemodelan DEM dapat di ekstrak untuk menjadi kontur, elevasi (topografi), elevasi 3D, volume,

profil, dan lain-lain. DEM (*Digital Elevation Model*) 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 diwakili oleh nilai sumbu horisontal XY dan karakteristik medan diwakili oleh ketinggian medan dalam sumbu Z (Doyle 1978).



Gambar 2.13 *Digital Elevation Model* (Wikimedia 2015)

Data DEM ini bisa diperoleh dari berbagai sumber, misalnya dari Foto Udara *stereo*, Citra satelit *stereo*, data pengukuran lapangan (GPS, *Theodolith*, EDM, *Total Station*, *Echosounder*), Peta topografi (*Interpolation technique*), *Linier array image* (*Laser scanner technique*) dan Citra sejenis RADAR (*Radar technique*). Struktur data DEM meliputi Model Elevasi Digital adalah jenis raster lapisan GIS. Dalam DEM, setiap sel dari lapisan raster GIS memiliki nilai sesuai dengan elevasi (Z nilai pada interval jarak teratur). DEM file data berisi ketinggian medan di wilayah tertentu. Interval antara masing-masing titik *grid* akan selalu direferensikan ke beberapa sistem koordinat geografis (lintang dan bujur atau UTM (*Universal Transverse Mercator*) sistem koordinat (*Easting*, *Northing* dan Elevasi). Untuk lebih detil informasi dalam DEM data file, perlu bahwa titik-titik *grid* lebih dekat

bersama-sama. Rincian puncak dan lembah di medan akan lebih baik dimodelkan dengan jarak *grid* kecil daripada interval *grid* yang sangat besar.

## **2.8 Penelitian Terdahulu**

Terdapat penelitian sebelumnya dari Febriana dan Cahyono (2018) yaitu pada penelitian tersebut melakukan klasifikasi obyek perairan menggunakan metode *hydro enforcement*. Ada dua metode untuk melakukan klasifikasi obyek perairan pada LiDAR yaitu metode *hydro enforcement* dan metode *hydro flattern* (Febriana dan Cahyono 2018). Metode *hydro enforcement* yaitu konsep pembentukan DTM dimana air akan mengalir dari permukaan yang tinggi ke permukaan yang rendah, sedangkan metode *hydro flattern* yaitu konsep pembentukan DTM dimana air akan datar menempati ruang. Metode klasifikasi obyek perairan dilakukan dikarenakan sensor yang dimiliki oleh LiDAR hanya sensor NIR/inframerah pendek, sehingga sensor laser LiDAR tidak mampu untuk menembus obyek perairan yang mengakibatkan permukaan topografi yang berada di obyek perairan tidak diketahui. Akan tetapi metode *hydro enforcement* memiliki kekurangan pada akurasi data, setidaknya dilakukan uji akurasi lapangan di beberapa titik sampel sungai supaya dapat dibuktikan secara langsung kedalaman dan elevasi titik nya.

Selain itu ada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Saylam dkk (2018) melakukan *quality control* hasil pengukuran dari *Airborne LiDAR Bathymetry* Leica Chiroptera. *Quality Control* yang dilakukan yaitu melakukan analisa penetrasi sinar hijau LiDAR dalam pengukuran perairan dangkal terhadap pengukuran *Secchi disk*. Menurut Saylam dkk (2018) kedalaman yang dapat dijangkau oleh *Airborne LiDAR Bathymetry* 1,5 sampai 3 kali kedalaman yang diukur menggunakan *Secchi disk*.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

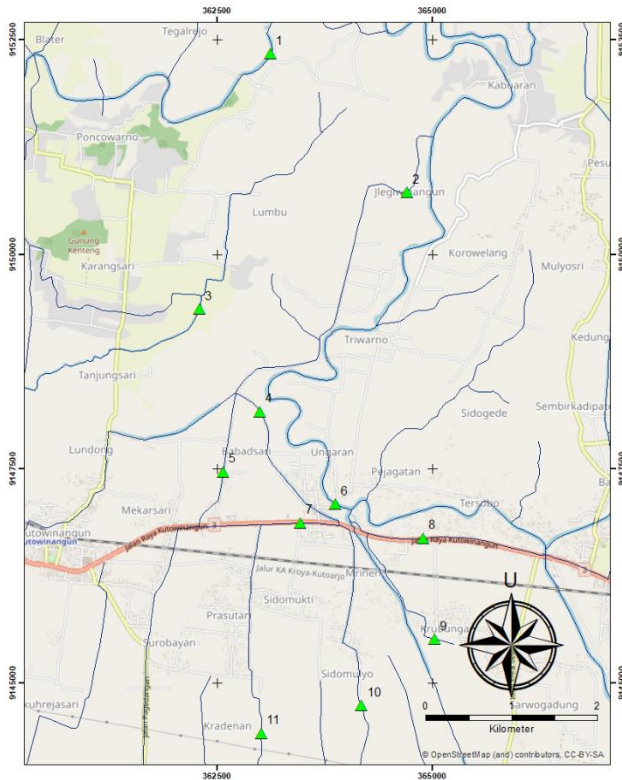
### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak pada Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah dan terletak pada zona UTM (*Universal Transverse Mercator*) 49S. Ada sebelas lokasi sampel penelitian yang terletak menyebar dengan letak geografis sebagai berikut :

Tabel 3.1 Koordinat Lokasi Penelitian

Titik	Timur (Meter)	Utara (Meter)
1	363117,18	9152339,21
2	364706,29	9150722,43
3	362292,12	9149360,44
4	362992,78	9148162,81
5	362562,93	9147460,25
6	363876,13	9147084,14
7	363463,32	9146863,91
8	364892,33	9146686,50
9	365028,29	9145508,24
10	364174,76	9144734,28
11	363007,57	9144410,67

Sebaran sebelas lokasi titik *sample* sungai seperti pada Gambar 3.1 didasarkan pada sungai yang memiliki aliran berbeda, tidak satu aliran sungai. Hal tersebut dilakukan karena untuk mengetahui *sample* kedalaman sungai pada *coverage* data pada *Airborne Hydrography* AB. Pada satu aliran sungai dilakukan satu validasi data. Berikut lokasi penelitian pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Validasi Data dari Sebelas Titik Sampel

### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat, bahan, dan *software* pengolahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini antara lain,

#### **3.2.1 Alat**

Alat yang digunakan selama pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini antara lain,

1. *Secchi Disk*.
2. Roll Meter.
3. *GPS Geodetic*.



### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk menunjang pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini antara lain,

1. Data *point cloud Airborne Hydrography* AB dari PT. Map Tiga Internasional.
2. Data kedalaman dan posisi sebelas lokasi validasi data.
3. Data kekeruhan air sebelas lokasi validasi data.

### 3.2.3 Software Pengolahan

*Software* pengolahan data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain,

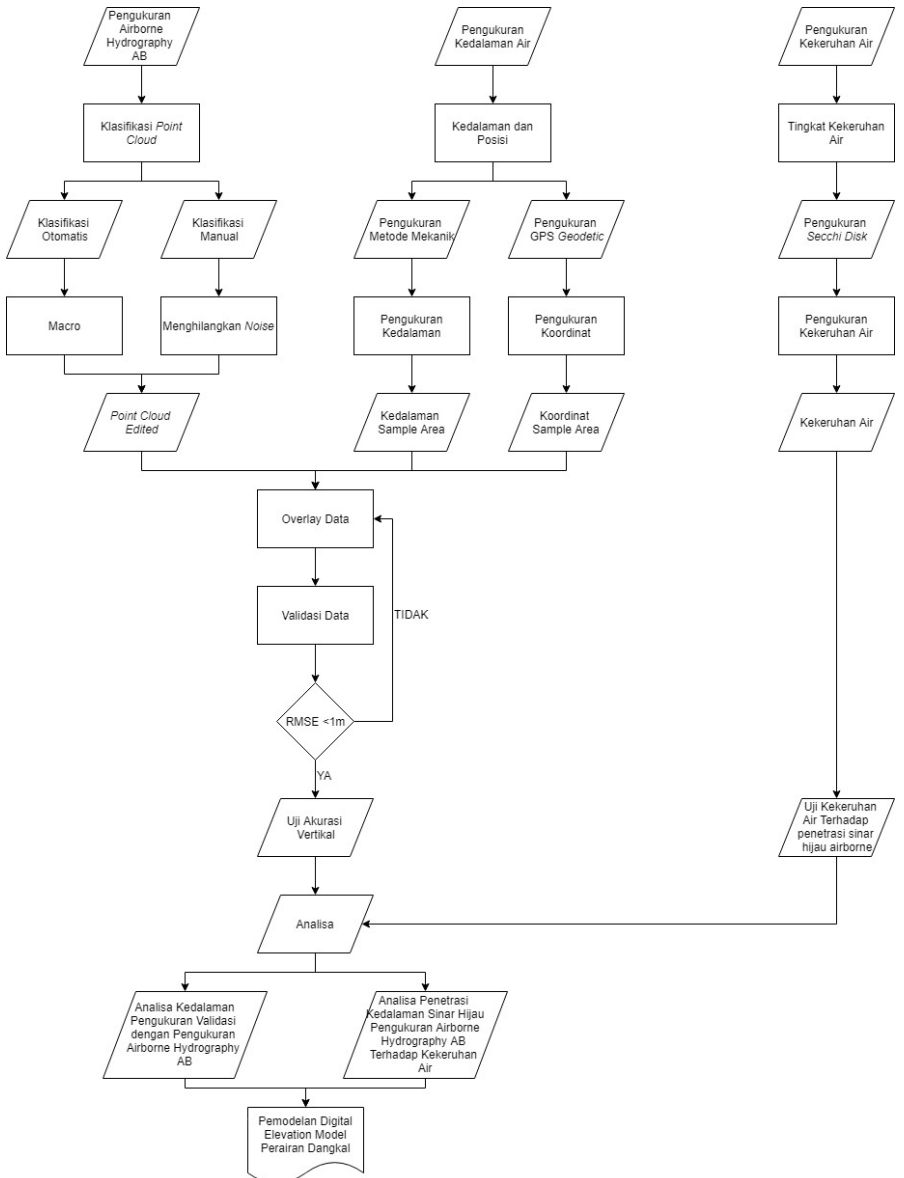
1. Microstation *plug in* Terrasolid

Microstation adalah platform perangkat lunak perangkat lunak CAD untuk dua dan tiga desain dan *drafting* dimensi, dikembangkan dan dijual oleh Bentley *Systems* dan digunakan dalam industri arsitektur dan teknik. Ini menghasilkan objek grafis vektor 2D / 3D dan elemen dan termasuk fitur BIM. Versi saat ini adalah Microstation CONNECT *Edition*.

Dengan adanya Terrasolid *plug in* maka *software* Microstation ini dapat digunakan untuk mengolah data dari *Airborne Hydrography* dalam format .las dalam bentuk *point*.

## 3.3 Diagram Alir

Dalam penelitian yang akan dilakukan untuk membandingkan kedalaman sungai yang diukur dengan menggunakan *Airborne Hydrography* AB dengan pengukuran menggunakan metode *lead line* dan alat *Secchi Disk*. Pada Gambar 3.2 berikut langkah-langkah dalam melakukan pengolahan data,



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

## Penjelasan Diagram Alir

### 1. Pengukuran *Airborne Hydrography* AB

#### a. Klasifikasi *Point Cloud*

Klasifikasi *Point Cloud* yang dilakukan yaitu klasifikasi otomatis dan klasifikasi manual.

#### b. *Point Cloud Edited*

Klasifikasi akan menghasilkan *point cloud* yang sudah terklasifikasi (Posisi dan Kedalaman *Airborne Hydrography* AB).

### 2. Pengukuran Kedalaman Air dan Posisi

Pengukuran kedalaman air dilakukan dengan tali ukur (metode mekanik) dan penentuan posisi yang dilakukan menggunakan GPS *Geodetic* dengan cara pengukuran RTK.

### 3. Pengukuran Kekeruhan Air

Pengukuran kekeruhan air dilakukan dengan menggunakan alat *Secchi Disk*. Kekeruhan air dilakukan untuk mengetahui penetrasi sinar laser hijau pada *Airborne Hydrography*. Dapat dilakukan pengecekan penetrasi sinar hijau terhadap kekeruhan air dengan persamaan (2.1).

### 4. *Overlay* Data Kedalaman

Data kedalaman dari hasil validasi yang sudah didapatkan akan di *overlay* kan dengan data ketinggian hasil pengukuran *Airborne Hydrography* AB. Pengecekan dan *overlay* dilakukan pada *software* Globalmapper.

### 5. Validasi Data

Melakukan pengecekan kedalaman yang diukur menggunakan tali ukur dengan pengukuran *Airborne Hydrography* AB.

### 6. Uji Akurasi Vertikal

Melakukan uji akurasi *bottom surface* pengukuran metode mekanik dan GPS *Geodetic* dengan pengukuran dari *Airborne Hydrography* AB menggunakan RMSE.

## 7. Analisa Hasil

Analisa dilakukan dari hasil pengukuran dilapangan dengan Data *Airborne Hydrography* AB.

### a. Analisa Perbandingan Kedalaman

Analisa dilakukan dengan membandingkan data ukur kedalaman di lapangan menggunakan metode *lead line* dengan data kedalaman yang diperoleh pengukuran menggunakan *Airborne Hydrography* AB.

### b. Analisa Keketuhan Air terhadap Penetrasi Sinar Laser Hijau

Analisa dilakukan dengan melakukan pengecekan dasar perairan yang dapat dijangkau oleh sensor hijau *Airborne Hydrography* dengan validasi yang dilakukan di lapangan. Kemudian dibandingkan dengan hasil ukur kedalaman menggunakan *Secchi Disk*. Pengukuran *Secchi Disk* dilakukan untuk mengetahui keketeruhan air yang dapat mempengaruhi penetrasi sinar hijau *Airborne Hydrography*.

## 8. Pemodelan *Digital Elevation Model* Perairan Dangkal

Hasil dari penelitian yang dilakukan adalah *Digital Elevation Model* Perairan Dangkal yang diukur menggunakan *Airborne Hydrography* AB.

## BAB IV HASIL DAN ANALISA

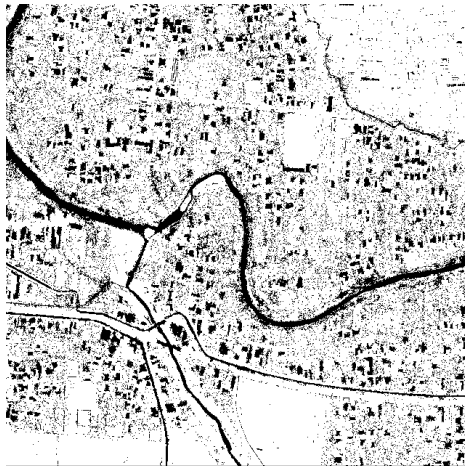
### 4.1 Hasil

Hasil dari penelitian yang dilakukan adalah meliputi hasil pengukuran *Airborne Hydrography* AB yaitu pengukuran kedalaman, hasil pengukuran validasi (pengukuran kedalaman dan tingkat kekeruhan air), dan hasil pemodelan *digital elevation model*.

#### 4.1.1 Hasil Pengukuran *Airborne Hydrography* AB

Pengukuran *Airborne Hydrography* AB menghasilkan nilai *easting*, *northing*, elevasi, dan juga kedalaman sungai. Hasil dari pengukuran *Airborne Hydrography* AB berupa *point cloud*. Dilakukan klasifikasi dari *point cloud* pada *Airborne Hydrography* AB untuk memisahkan topografi dan *bathymetry*.

Pada Gambar 4.1 dibawah ini, klasifikasi *point cloud* topografi berasal dari sensor inframerah. Sedangkan area yang berwarna hitam merupakan area perairan.



Gambar 4.1 Hasil Klasifikasi Topografi

Pada Gambar 4.2, klasifikasi *point cloud bathymetry* berasal dari sensor hijau (*green light waves*). Gambar tersebut menggambarkan badan air yang dapat di *cover* oleh sensor hijau (*green light waves*) *Airborne Hydrography*.

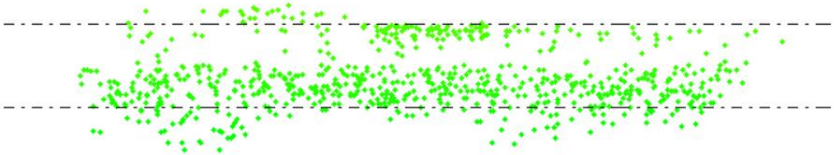


Gambar 4.2 Hasil Klasifikasi *Bathymetry*

Pada Gambar 4.3, terdapat potongan melintang sungai area *boundary* merah pada Gambar 4.2 diatas, dimana pada gambar tersebut *point cloud* yang terbentuk berasal dari perpaduan antara sensor inframerah dan sensor hijau. Kedalaman sungai diukur dari sinar inframerah dan sinar hijau pada *Airborne Hydrography*. Referensi yang digunakan terhadap model geoid EGM2008.

Selain kedalaman air, *Airborne Hydrography* juga melakukan pengukuran terhadap permukaan dasar perairan dengan referensi model geoid EGM2008.

Pada *Airborne Hydrography* juga dilakukan pengukuran jarak dari jembatan hingga dasar sungai.



Gambar 4.3 Potongan Melintang Sungai

Adapun hasil pengukuran kedalaman dan nilai Z permukaan dasar perairan menggunakan *Airborne Hydrography* AB adalah pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kedalaman Air *Airborne Hydrography* AB

Titik	Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z Dasar Perairan (Meter)	Kedalaman (Meter)
1.ka	363115,253	9152340,054	36,304	1,033
1.as	363117,383	9152339,896	36,048	1,033
1.ki	363118,915	9152339,204	36,442	1,033
2.ka	364702,634	9150726,763	14,569	0,650
2.as	364706,456	9150722,795	14,569	0,650
2.ki	364708,108	9150720,043	14,569	0,650
3.ka	362291,843	9149360,855	10,852	0,636
3.as	362292,827	9149360,665	10,852	0,636
3.ki	362294,785	9149359,711	10,852	0,636
4.ka	362990,731	9148161,567	12,626	0,522
4.as	362992,635	9148162,679	12,626	0,522
4.ki	362993,770	9148163,330	12,626	0,522
5.ka	362558,594	9147461,002	12,123	0,623
5.as	362562,049	9147460,151	12,123	0,623
5.ki	362565,092	9147460,059	12,123	0,623
6.ka	363873,685	9147074,238	5,942	1,573
6.as	363876,074	9147084,289	5,942	1,573
6.ki	363878,998	9147090,983	5,942	1,573

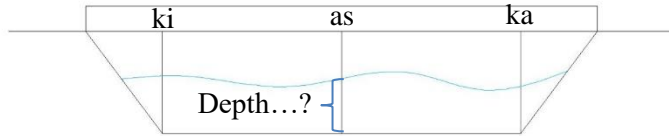
Titik	Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z Dasar Perairan (Meter)	Kedalaman (Meter)
7.ka	363463,418	9146860,600	10,496	0,296
7.as	363463,039	9146863,036	10,631	0,296
7.ki	363462,399	9146865,247	10,631	0,296
8.ka	364892,369	9146684,229	10,088	0,779
8.as	364892,874	9146686,702	10,088	0,779
8.ki	364892,649	9146687,084	10,088	0,779
9.ka	365027,834	9145508,605	7,971	0,224
9.as	365028,024	9145508,643	7,971	0,224
9.ki	365028,282	9145509,264	8,048	0,224
10.ka	364177,370	9144734,926	7,501	0,399
10.as	364174,707	9144734,218	7,501	0,399
10.ki	364173,095	9144733,250	7,620	0,399
11.ka	363006,541	9144410,546	8,011	0,315
11.as	363007,141	9144410,223	7,964	0,315
11.ki	363008,231	9144410,268	8,051	0,315

#### 4.1.2 Hasil Pengukuran Validasi

Pengukuran validasi dilakukan pada area sungai dengan menggunakan metode pengukuran tali ukur (untuk pengukuran kedalaman), pengukuran menggunakan *Secchi Disk* (untuk mengetahui kekeruhan air), dan pengukuran GPS *Geodetic* untuk mengetahui koordinat kedalaman yang diukur. Referensi yang digunakan dalam pengukuran adalah model geoid EGM2008. Pengukuran dilakukan tiga titik di atas jembatan yaitu pada kanan kiri sungai dan pada as sungai.

Validasi yang diukur yaitu dari permukaan air sampai dasar perairan dan dari atas jembatan sampai dengan dasar perairan.





Gambar 4.4 Desain Pengukuran Validasi

Keterangan:

- as = as sungai  
 ka = kanan jembatan  
 ki = kiri jembatan

Kedalaman perairan yang diukur yaitu dari permukaan air hingga dasar perairan. Sedangkan kedalaman *Secchi Disk* dilakukan dari permukaan air hingga alat tidak dapat dilihat kembali oleh observer dari permukaan air. Pengukuran *Secchi Disk* dilakukan untuk mengetahui penetrasi sinar hijau *Airborne Hydrography* pada perairan. Selain melakukan kedua validasi tersebut, pada pengukuran validasi juga melakukan pengukuran nilai Z permukaan dasar perairan yang bereferensi pada model geoid EGM2008.

Adapun hasil pengukuran validasi tersebut adalah pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Validasi

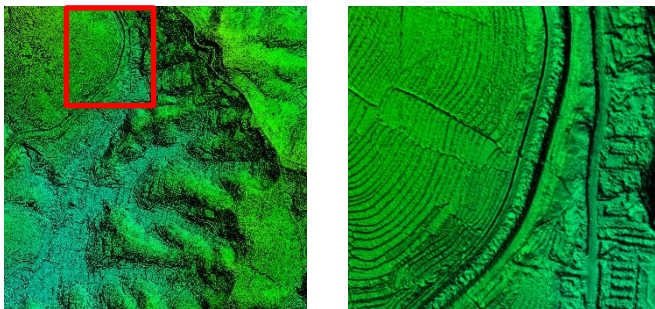
Titik	Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z Dasar Perairan (Meter)	Kedalaman Air (Meter)	Kedalaman <i>Secchi Disk</i> (Meter)
1.ka	363115,253	9152340,054	36,170	0,750	0,265
1.as	363117,383	9152339,896	35,830	0,750	0,265
1.ki	363118,915	9152339,204	36,280	0,750	0,265
2.ka	364702,634	9150726,763	14,483	0,780	0,320

Titik	Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z Dasar Perairan (Meter)	Kedalaman Air (Meter)	Kedalaman <i>Secchi</i> <i>Disk</i> (Meter)
2.as	364706,456	9150722,795	14,503	0,730	0,320
2.ki	364708,108	9150720,043	14,503	0,735	0,320
3.ka	362291,843	9149360,855	10,793	0,775	0,300
3.as	362292,827	9149360,665	10,793	0,775	0,300
3.ki	362294,785	9149359,711	10,793	0,775	0,300
4.ka	362990,731	9148161,567	12,470	1,285	0,150
4.as	362992,635	9148162,679	12,470	1,285	0,150
4.ki	362993,770	9148163,330	12,470	1,285	0,150
5.ka	362558,594	9147461,002	12,119	0,660	0,235
5.as	362562,049	9147460,151	12,107	0,660	0,235
5.ki	362565,092	9147460,059	12,119	0,660	0,235
6.ka	363873,685	9147074,238	5,788	1,828	0,230
6.as	363876,074	9147084,289	5,788	1,828	0,230
6.ki	363878,998	9147090,983	5,788	1,828	0,230
7.ka	363463,418	9146860,600	10,465	0,480	0,160
7.as	363463,039	9146863,036	10,465	0,480	0,160
7.ki	363462,399	9146865,247	10,465	0,480	0,160
8.ka	364892,369	9146684,229	10,060	1,050	0,220
8.as	364892,874	9146686,702	10,060	1,050	0,220
8.ki	364892,649	9146687,084	10,060	1,050	0,220
9.ka	365027,834	9145508,605	7,898	0,150	0,150
9.as	365028,024	9145508,643	7,898	0,150	0,150
9.ki	365028,282	9145509,264	7,898	0,150	0,150
10.ka	364177,370	9144734,926	7,388	0,580	0,160
10.as	364174,707	9144734,218	7,388	0,580	0,160
10.ki	364173,095	9144733,250	7,388	0,580	0,160
11.ka	363006,541	9144410,546	7,884	0,865	0,200
11.as	363007,141	9144410,223	7,884	0,865	0,200
11.ki	363008,231	9144410,268	7,884	0,865	0,200

#### 4.1.3 Hasil Pemodelan *Digital Elevation Model*

Pengukuran menggunakan *Airborne Hydrography* AB menghasilkan *point cloud*. Kemudian dilakukan klasifikasi yaitu, klasifikasi otomatis dan klasifikasi manual. *Output* dari proses klasifikasi tersebut adalah *Digital Elevation Model* sebagai berikut.

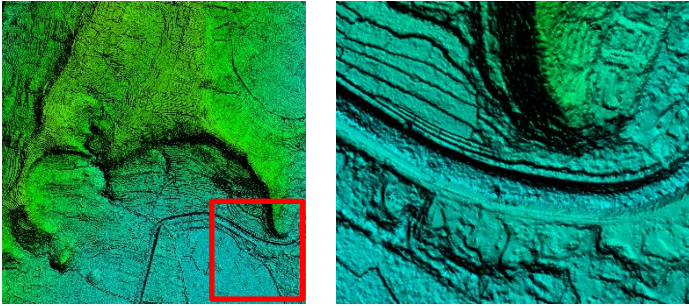
Pada Gambar 4.5 di bawah ini merupakan hasil pemodelan DEM untuk lokasi validasi 1.



Gambar 4.5 *Digital Elevation Model* Lokasi 1

Lokasi validasi 1 adalah *boundary* merah pada Gambar 4.5. Gambar sebelah kanan merupakan *zoom* dari area yang terdapat *boundary* merah. Lokasi validasi 1 terletak pada dataran tinggi di Poncowarno Kabupaten Kebumen. Sehingga pada lokasi validasi 1 memiliki nilai ketinggian yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi validasi lainnya. Pada lokasi validasi 1 nilai minimal ketinggian 35,948 m, dan nilai maksimal ketinggian 37,758 m. Nilai Z dasar sungai lokasi 1 adalah 36,442 m.

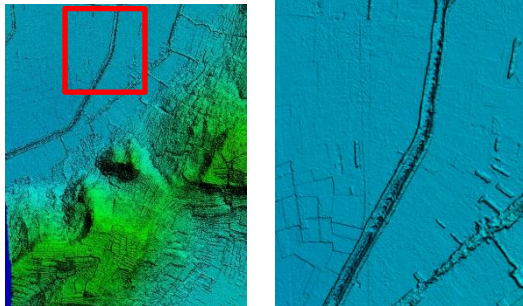
Pada Gambar 4.6 dibawah ini merupakan hasil pemodelan DEM untuk lokasi validasi 2.



Gambar 4.6 *Digital Elevation Model* Lokasi 2

Lokasi validasi 2 adalah *boundary* merah pada Gambar 4.6. Gambar sebelah kanan merupakan *zoom* dari area yang terdapat *boundary* merah. Pada lokasi validasi 2 nilai minimal ketinggian 14,400 m, dan nilai maksimal ketinggian 14,592 m. Nilai Z dasar sungai lokasi 2 adalah 14,569 m.

Pada Gambar 4.7 dibawah ini merupakan hasil pemodelan DEM untuk lokasi validasi 3.

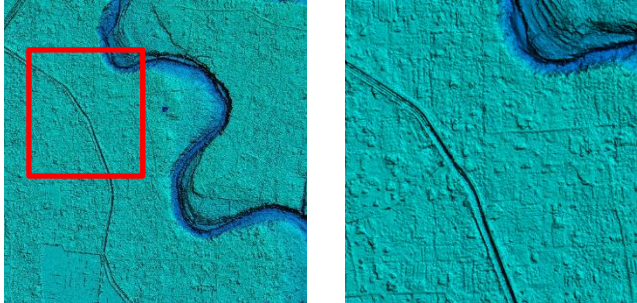


Gambar 4.7 *Digital Elevation Model* Lokasi 3

Lokasi validasi 3 adalah *boundary* merah pada Gambar 4.7. Gambar sebelah kanan merupakan *zoom* dari area yang terdapat *boundary* merah. Pada lokasi validasi 3 nilai minimal ketinggian 9,791 m, dan nilai

maksimal ketinggian 10,881 m. Nilai Z dasar sungai lokasi 3 adalah 10,852 m.

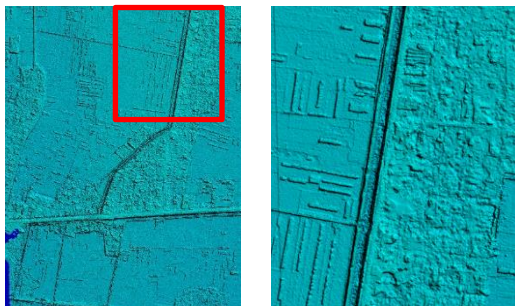
Pada Gambar 4.8 dibawah ini merupakan hasil pemodelan DEM untuk lokasi validasi 4.



Gambar 4.8 *Digital Elevation Model* Lokasi 4

Lokasi validasi 4 adalah *boundary* merah pada Gambar 4.8. Gambar sebelah kanan merupakan *zoom* dari area yang terdapat *boundary* merah. Pada lokasi validasi 4 nilai minimal ketinggian 12,617 m, dan nilai maksimal ketinggian 14,355 m. Nilai Z dasar sungai lokasi 4 adalah 12,626 m.

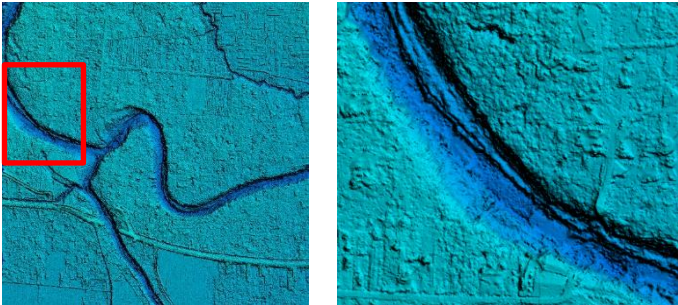
Pada Gambar 4.9 dibawah ini merupakan hasil pemodelan DEM untuk lokasi validasi 5.



Gambar 4.9 *Digital Elevation Model* Lokasi 5

Lokasi validasi 5 adalah *boundary* merah pada Gambar 4.9. Gambar sebelah kanan merupakan *zoom* dari area yang terdapat *boundary* merah. Pada lokasi validasi 5 nilai minimal ketinggian 11,968 m, dan nilai maksimal ketinggian 12,249 m. Nilai Z dasar sungai lokasi 5 adalah 12,123 m.

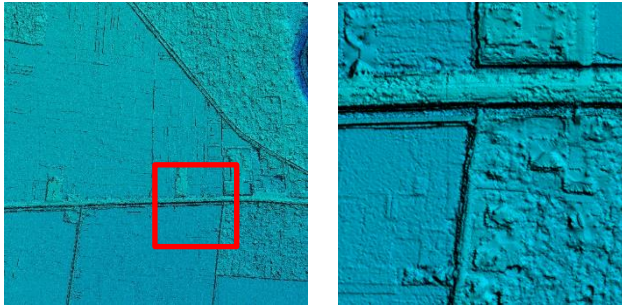
Pada Gambar 4.10 dibawah ini merupakan hasil pemodelan DEM untuk lokasi validasi 6.



Gambar 4.10 *Digital Elevation Model* Lokasi 6

Lokasi validasi 6 adalah *boundary* merah pada Gambar 4.10. Gambar sebelah kanan merupakan *zoom* dari area yang terdapat *boundary* merah. Lokasi validasi 6 memiliki lebar sungai 25 m. Sungai pada lokasi validasi 6 merupakan sungai yang paling lebar dibandingkan dengan sungai area validasi yang lain. Pada lokasi validasi 6 nilai minimal ketinggian 5,816 m, dan nilai maksimal ketinggian 6,9 m. Nilai Z dasar sungai lokasi 6 adalah 5,942 m.

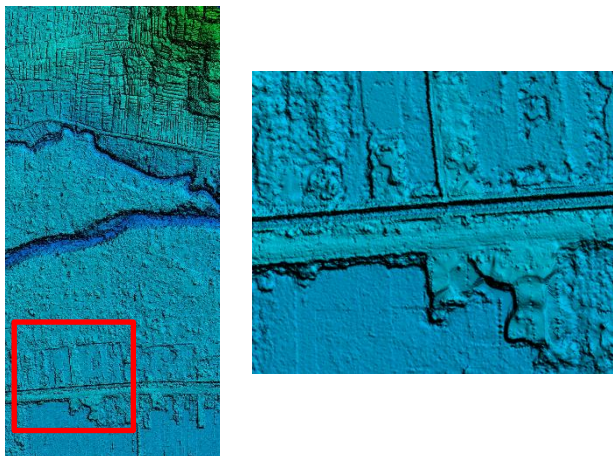
Pada Gambar 4.11 dibawah ini merupakan hasil pemodelan DEM untuk lokasi validasi 7.



Gambar 4.11 *Digital Elevation Model* Lokasi 7

Lokasi validasi 7 adalah *boundary* merah pada Gambar 4.11. Gambar sebelah kanan merupakan *zoom* dari area yang terdapat *boundary* merah. Pada lokasi validasi 7 nilai minimal ketinggian 10,458 m, dan nilai maksimal ketinggian 11,108 m. Nilai Z dasar sungai lokasi 7 adalah 10,496 m.

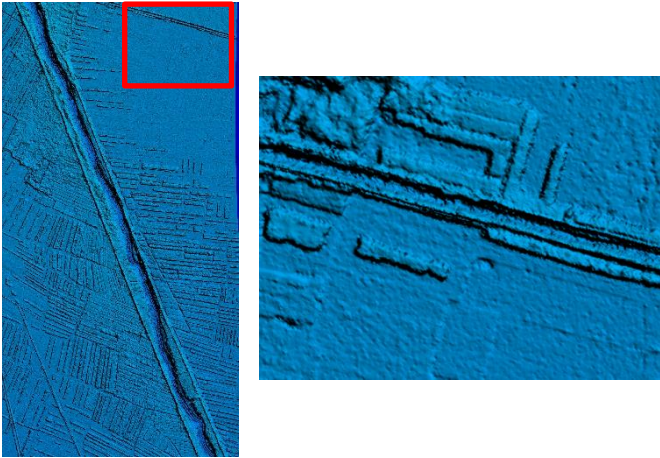
Pada Gambar 4.12 dibawah ini merupakan hasil pemodelan DEM untuk lokasi validasi 8.



Gambar 4.12 *Digital Elevation Model* Lokasi 8

Lokasi validasi 8 adalah *boundary* merah pada Gambar 4.12. Gambar sebelah kanan merupakan *zoom* dari area yang terdapat *boundary* merah. Pada lokasi validasi 8 nilai minimal ketinggian 10,088 m, dan nilai maksimal ketinggian 10,925 m. Nilai Z dasar sungai lokasi 8 adalah 10,088 m.

Pada Gambar 4.13 dibawah ini merupakan hasil pemodelan DEM untuk lokasi validasi 9.

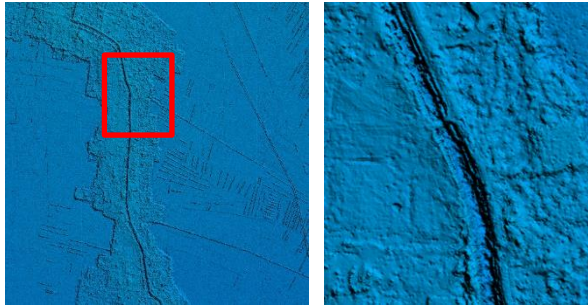


Gambar 4.13 *Digital Elevation Model* Lokasi 9

Lokasi validasi 9 adalah *boundary* merah pada Gambar 4.13. Gambar sebelah kanan merupakan *zoom* dari area yang terdapat *boundary* merah. Lokasi validasi 9 memiliki lebar sungai 1,5 m. Sungai lokasi validasi 9 merupakan sungai yang memiliki lebar sungai paling kecil. Pada lokasi validasi 9 nilai minimal ketinggian 7,949 m., dan nilai maksimal ketinggian 8,411 m. Nilai Z dasar sungai lokasi 9 adalah 7,971 m.

Pada Gambar 4.14 dibawah ini merupakan hasil pemodelan DEM untuk lokasi validasi 10.

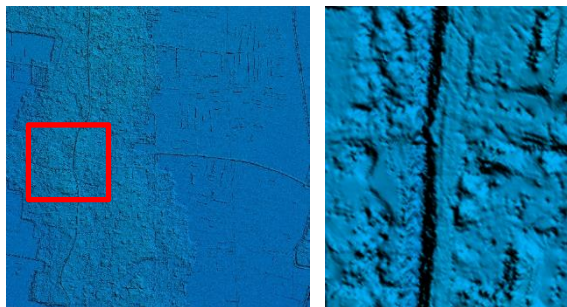




Gambar 4.14 *Digital Elevation Model* Lokasi 10

Lokasi validasi 10 adalah *boundary* merah pada Gambar 4.14. Gambar sebelah kanan merupakan *zoom* dari area yang terdapat *boundary* merah. Pada lokasi validasi 10 nilai minimal ketinggian 7,362 m, dan nilai maksimal ketinggian 7,616 m. Nilai Z dasar sungai lokasi 10 adalah 7,501 m.

Pada Gambar 4.15 dibawah ini merupakan hasil pemodelan DEM untuk lokasi validasi 11.



Gambar 4.15 *Digital Elevation Model* Lokasi 11

Lokasi validasi 11 adalah *boundary* merah pada Gambar 4.15. Gambar sebelah kanan merupakan *zoom* dari area yang terdapat *boundary* merah. Pada lokasi validasi 11 nilai minimal ketinggian 8,023 m, dan nilai

maksimal ketinggian 8,634 m. Nilai Z dasar sungai lokasi 11 adalah 8,051 m.

## **4.2 Analisa**

### **4.2.1 Analisa Perbandingan Kedalaman Air**

Perbandingan kedalaman yang diukur menggunakan *Airborne Hydrography* AB dan kedalaman yang diukur pada saat validasi ditampilkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perbandingan Kedalaman

No	Titik Validasi	Kedalaman <i>Airborne Hydrography</i> AB (Meter)	Kedalaman Validasi Data (Meter)	Selisih Kedalaman (Meter)
1	1.ka	1,033	0,750	0,250
	1.as	1,033	0,750	0,250
	1.ki	1,033	0,750	0,250
2	2.ka	0,650	0,780	0,130
	2.as	0,650	0,730	0,080
	2.ki	0,650	0,735	0,085
3	3.ka	0,636	0,775	0,139
	3.as	0,636	0,775	0,139
	3.ki	0,636	0,775	0,139
4	4.ka	0,522	1,285	0,763
	4.as	0,522	1,285	0,763
	4.ki	0,522	1,285	0,763
5	5.ka	0,623	0,660	0,037
	5.as	0,623	0,660	0,037
	5.ki	0,623	0,660	0,037
6	6.ka	1,573	1,828	0,255
	6.as	1,573	1,828	0,255
	6.ki	1,573	1,828	0,255
7	7.ka	0,296	0,480	0,184
	7.as	0,296	0,480	0,184
	7.ki	0,296	0,480	0,184
8	8.ka	0,779	1,050	0,271
	8.as	0,779	1,050	0,271

No	Titik Validasi	Kedalaman <i>Airborne Hydrography</i> AB (Meter)	Kedalaman Validasi Data (Meter)	Selisih Kedalaman (Meter)
	8.ki	0,779	1,050	0,271
9	9.ka	0,224	0,150	0,074
	9.as	0,224	0,150	0,074
	9.ki	0,224	0,150	0,074
10	10.ka	0,399	0,580	0,181
	10.as	0,399	0,580	0,181
	10.ki	0,399	0,580	0,181
11	11.ka	0,315	0,865	0,550
	11.as	0,315	0,865	0,550
	11.ki	0,315	0,865	0,550

Penurunan air yang cukup signifikan terjadi pada titik empat yaitu sebesar 0,763 meter. Selisih rata-rata pengukuran *Airborne Hydrography* dan validasi adalah 0,177 meter dengan nilai selisih minimal 0,037 meter dan nilai selisih maksimal 0,763 meter. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, perbedaan waktu pengukuran antara *Airborne Hydrography* dan data validasi dan pada saat akuisisi data *Airborne Hydrography* dilakukan pada bulan Mei 2018 pada saat musim kemarau (air cenderung untuk berkurang) sedangkan data validasi dilakukan pada bulan Januari 2019 pada saat musim hujan (air cenderung untuk bertambah). Data curah hujan dari BMKG Stasiun Meteorologi Cilacap pada bulan Mei 2018 dan bulan Januari 2019 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.4 Curah Hujan Bulan Mei 2018 dan Januari 2019 (BMKG Cilacap 2019)

Bulan	Curah Hujan (mm/hari)
Mei 2018	2,26
Januari 2019	16,8

Dari curah hujan tersebut berdampak dibuka atau ditutup pintu kanal air, yang akan mempengaruhi tinggi atau rendah air pada saluran irigasi.

Selain itu data debit air harian dari Balai PSDA Probolo (Progo Bogowonto Luk Ulo) Stasiun Bedegolan menyatakan bahwa pada saat akuisisi data pada tanggal 15,16, dan 17 Mei 2018 debit air harian lebih sedikit daripada saat dilakukan validasi lapangan pada tanggal 25 dan 26 Januari 2018. Dimana sungai pada Stasiun Bedegolan meliputi sungai lokasi dua sampai dengan lokasi sebelas. Debit air harian Stasiun Bedegolan dari Balai PSDA Probolo (Progo Bogowonto Luk Ulo) adalah sebagai berikut.

Tabel 4.5 Debit Air Harian Stasiun Bedegolan (Balai PSDA Probolo 2019)

Tanggal	Bulan	Tahun	Debit Air Harian (m <sup>3</sup> /detik)
15	Mei	2018	10,40
16			10,40
17			10,40
25	Januari	2019	16,08
26			16,08

Dari tabel 4.5 diatas dapat diketahui bahwa debit air pada akuisisi data lebih sedikit daripada debit air pada validasi data, menyebabkan terdapat kedalaman pada *Airborne Hydrography* dan validasi data.

Pada sungai lokasi 1 merupakan berada pada aliran Stasiun Pejengkolan. Debit air harian Stasiun Pejengkolan dari Balai PSDA Probolo (Progo Bogowonto Luk Ulo) adalah sebagai berikut.

Tabel 4.6 Debit Harian Stasiun Pejengkolan (Balai PSDA Probolo 2019)

Tanggal	Bulan	Tahun	Debit Air Harian (m <sup>3</sup> /detik)
15	Mei	2018	30,42
16			30,42
17			30,42
25	Januari	2019	23,71
26			21,94

Dari tabel 4.6 diatas dapat diketahui bahwa debit air pada saat akuisisi data lebih banyak dibandingkan dengan debit air saat validasi data, menyebabkan kedalaman pada *Airborne Hydrography* lebih dalam dibandingkan dengan kedalaman yang diukur pada saat pengukuran validasi.

#### 4.2.2 Analisa Penetrasi Sinar Hijau *Airborne Hydrography* AB

Dalam analisa penetrasi sinar hijau *Airborne Hydrography* adalah dari hasil pengukuran kedalaman menggunakan *Secchi Disk* untuk mengetahui kekeruhan air sungai. Pengukuran menggunakan *Secchi Disk* dilakukan dari permukaan air (*water surface*) sampai alat tidak dapat dilihat lagi dari permukaan air oleh observer. Kekeruhan air untuk mengetahui penetrasi sinar hijau pada *Airborne Hydrography* AB dalam pengukuran kedalaman. Untuk mengetahui penetrasi sinar hijau terlebih dahulu membandingkan nilai Z permukaan dasar perairan hasil pengukuran validasi lapangan dengan pengukuran *Airborne Hydrography*. Berikut perbandingan nilai Z permukaan dasar perairan validasi dan *Airborne Hydrography*.

Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Z Permukaan Dasar Perairan

No	Titik Validasi	Z Dasar Perairan Validasi (Meter)	Z Dasar Perairan <i>Airborne Hydrography</i> (Meter)	Selisih Z Dasar Perairan (Meter)
1	1.ka	36,170	36,304	0,134
	1.as	35,830	36,048	0,218
	1.ki	36,280	36,442	0,162
2	2.ka	14,483	14,569	0,086
	2.as	14,503	14,569	0,066
	2.ki	14,503	14,569	0,066
3	3.ka	10,793	10,852	0,059
	3.as	10,793	10,852	0,059
	3.ki	10,793	10,852	0,059
4	4.ka	12,470	12,626	0,156
	4.as	12,470	12,626	0,156
	4.ki	12,470	12,626	0,156
5	5.ka	12,119	12,123	0,004
	5.as	12,107	12,123	0,016
	5.ki	12,119	12,123	0,004
6	6.ka	5,788	5,942	0,154
	6.as	5,788	5,942	0,154
	6.ki	5,788	5,942	0,154
7	7.ka	10,465	10,496	0,031
	7.as	10,465	10,631	0,166
	7.ki	10,465	10,631	0,166
8	8.ka	10,060	10,088	0,028
	8.as	10,060	10,088	0,028
	8.ki	10,060	10,088	0,028
9	9.ka	7,898	7,971	0,073
	9.as	7,898	7,971	0,073
	9.ki	7,898	8,048	0,150
10	10.ka	7,388	7,501	0,113
	10.as	7,388	7,501	0,113
	10.ki	7,388	7,620	0,232
11	11.ka	7,884	8,011	0,127

No	Titik Validasi	Z Dasar Perairan Validasi (Meter)	Z Dasar Perairan <i>Airborne Hydrography</i> (Meter)	Selisih Z Dasar Perairan (Meter)
	11.as	7,884	7,964	0,080
	11.ki	7,884	8,051	0,167

Dari Tabel 4.7 perbandingan Z permukaan dasar perairan terdapat perbedaan yaitu dengan selisih 2-22 cm. Hasil pengukuran *Secchi Disk* sesuai Tabel 4.3 dan perhitungan pada persamaan 2.1, penetrasi yang dapat dijangkau oleh sinar hijau *Airborne Hydrography* adalah kedalaman 0,225 m sampai 0,960 m dari permukaan air pada saat dilakukan validasi. Hasil pengukuran validasi permukaan dasar perairan 2-22 cm merupakan endapan (lumpur) di dasar sungai, menyebabkan penetrasi sinar hijau *Airborne Hydrography* tidak dapat menjangkau dasar perairan.

#### 4.2.3 Uji Akurasi Vertikal

Uji akurasi vertikal dilakukan dengan membandingkan data Z permukaan dasar perairan *Airborne Hydrography* AB dengan data Z permukaan dasar perairan validasi. Uji akurasi vertikal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) dan persamaan (2.3). Tabel perhitungan uji akurasi vertikal adalah pada Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.8 Perhitungan Uji Akurasi Vertikal

Titik Validasi	$(Z_{Data}-Z_{Check})$ (Meter)	$(Z_{Data}-Z_{Check})^2$ (Meter)	RMSE	Akurasi
1.ka	0,134	0,017	0,175	0,343
1.as	0,218	0,047		
1.ki	0,162	0,026		

Titik Validasi	$(Z_{Data}-Z_{Check})$ (Meter)	$(Z_{Data}-Z_{Check})^2$ (Meter)	RMSE	Akurasi
2.ka	0,086	0,007	0,073	0,144
2.as	0,066	0,004		
2.ki	0,066	0,004		
3.ka	0,059	0,003	0,059	0,116
3.as	0,059	0,003		
3.ki	0,059	0,003		
4.ka	0,156	0,024	0,156	0,306
4.as	0,156	0,024		
4.ki	0,156	0,024		
5.ka	0,004	0,001	0,009	0,019
5.as	0,016	0,003		
5.ki	0,004	0,001		
6.ka	0,154	0,023	0,154	0,302
6.as	0,154	0,023		
6.ki	0,154	0,023		
7.ka	0,031	0,001	0,137	0,268
7.as	0,166	0,027		
7.ki	0,166	0,027		
8.ka	0,028	0,007	0,028	0,055
8.as	0,028	0,007		
8.ki	0,028	0,007		
9.ka	0,073	0,005	0,105	0,206
9.as	0,073	0,005		
9.ki	0,150	0,022		
10.ka	0,113	0,012	0,162	0,319
10.as	0,113	0,012		
10.ki	0,232	0,053		
11.ka	0,127	0,016	0,129	0,254
11.as	0,080	0,006		
11.ki	0,167	0,027		



Dari persamaan (2.2) dan persamaan (2.3) untuk menghitung uji akurasi vertikal, yaitu mencari RMSE dari  $\sum (Z_{Data}-Z_{Check})^2$  dibagi banyak data yang dilakukan pengukuran (n). Uji Akurasi yang dilakukan dari 11 lokasi sungai menghasilkan nilai RMSE yaitu 0,122 m dan uji akurasi vertikal adalah 0,239 m. Untuk hasil hitung akurasi per wilayah, didapatkan nilai RMSE paling rendah yaitu pada lokasi 5 dan nilai RMSE paling tinggi yaitu pada lokasi 10. Nilai rendah atau tinggi nya RMSE dipengaruhi oleh selisih rata-rata pada *bottom surface* pengukuran *Airborne Hydrography* dan pengukuran validasi.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Validasi dilakukan dengan melakukan pengukuran kedalaman dengan metode mekanik yaitu menggunakan tali ukur, nilai selisih rata-rata perbandingan 0,177 m dengan nilai selisih minimal 0,037 m dan nilai selisih max 0,763 m. Pengukuran kedalaman *Secchi Disk* untuk mengetahui penetrasi sinar hijau *Airborne Hydrography* pada perairan.
2. Hasil perbandingan pengukuran permukaan dasar perairan memiliki selisih min 2 cm pada lokasi 8 dan selisih max 22 cm pada lokasi 1. Berdasarkan pengukuran kekeruhan air menggunakan *Secchi Disk* penetrasi sinar hijau *Airborne Hydrography* hanya dapat menjangkau kedalaman 0,225 m sampai 0,960 m. Hasil pengukuran validasi 2-22 cm merupakan endapan (lumpur) di dasar sungai, menyebabkan penetrasi sinar hijau *Airborne Hydrography* tidak dapat menjangkau dasar perairan.
3. Hasil Uji Akurasi Vertikal 11 lokasi sungai derajat kepercayaan 95% adalah 0,239 m.
4. Menghasilkan peta *Digital Elevation Model* (DEM) dari proses klasifikasi *point cloud*. Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan klasifikasi otomatis (menggunakan *macro*) dan klasifikasi manual (menghilangkan *noise*, setelah dilakukan klasifikasi otomatis).

### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya antara lain :

1. Proses validasi lapangan lebih baik jika dilakukan pada saat pengukuran berlangsung. Tidak berjarak terlalu lama dengan pengukuran.
2. Untuk mengetahui kekeruhan sebaiknya dilakukan analisa

TSS (*Total Suspended Solid*) penyebab kekeruhan air.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alif, T.F. 2010. "Airborne LIDAR Bathymetry". Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional: Pusat Pemetaan Dasar Kelautan dan Kedirgantaraan (PDKK).
- Allouis, T., Bailly, J.S., and Feurer, D. 2015. "Assesing water surface effects on LiDAR bathymetry measurements in very shallow rivers : theoretical study". UMR Territoires, Environnement, Télédétection et Information Spatiale (TETIS).
- Badan Pusat Statistik. 2018. Curah Hujan dan Hari Hujan Kabupaten Kebumen 2016. <https://kebumenkab.bps.go.id/dynamictable/2018/11/14/156/-curah-hujan-dan-hari-hujan-kabupaten-kebumen-2016.html>. Dikunjungi 12 Juni 2019.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Curah Hujan dan Hari Hujan Kabupaten Kebumen 2017. <https://kebumenkab.bps.go.id/dynamictable/2018/11/14/157/-curah-hujan-dan-hari-hujan-kabupaten-kebumen-2017.html>. Dikunjungi 12 Juni 2019.
- Beaman, J.R. 2011. "Airborne LiDAR Bathymetry of the Great Barrier Reef". James Cook University: School of Earth and Enviromental Sciences.
- Danson, E. 2006. "Understanding LiDAR Bathymetry for Shallow Waters and Coastal Mapping". Institution of Civil Engineering Surveyors, United Kingdom.
- Dierssen, M.H., and Theberge, A. E. 2014. "Bathymetry: Assessing Methods". Taylor and Francis.
- Doyle, F.J. 1978. "Digital Terrain Model: An Overview". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.44, No.12, Dec. 1978, p 1481-1485.
- Febriana, E. dan Cahyono, A.B. 2018. "Analisis Metode Hydro Enforcement dalam Pembuatan Digital Terrain Model LiDAR pada Obyek Perairan Peta Rupa Bumi Indonesia

- Skala 1:5000". Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Departemen Teknik Geomatika
- Hilldale, R.C. and Raff, D. 2008. "Assesing the ability of airborne LiDAR to map shallow river channel geometry". Bureau of Reclamation, Technical Service Center, Denver, CO.
- Illinois Indiana Sea Grant. Secchi Disk. Diperoleh Tanggal 10 Mei 2019 dari <http://limnoloan.org/waterquality/secchi-disk/>
- Indaryanto, F.R. 2015. "Kedalaman Secchi Disk dengan Kombinasi Warna Hitam-Putih yang Berbeda di Waduk Ciwaka". Universitas Sultan Ageng Tirtayasa: Jurusan Perikanan.
- Jones, J.R. and Bachmann, R.W. 1978. "Survey of Water Transparency in Iowa Lake". Proc. Iowa Acad. Sci 85: 6-9.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. 2017. Maritim Indonesia, Kemewahan Yang Luar Biasa, <https://kkp.go.id/artikel/2233-maritim-indonesia-kemewahan-yang-luar-biasa>. Dikunjungi pada 19 Oktober 2018.
- LaRocque, P.E. and West, G.R. 1990. "Airborne Laser Hydrography: An Introduction". ROPME/PERSGA/IHB Workshop on Hydrographic Activities in the ROPME Sea Area and Red Sea (Kuwait City).
- Leica Geosystems. 2015. Leica Chiroptera 4X Bathymetric and Topographic LiDAR, <https://leica-geosystems.com/products/airborne-systems/bathymetric-lidar-sensors/leica-chiroptera-ii>. Dikunjungi 20 Oktober 2018
- LiDAR-America. 2017. Light Detection and Ranging (LiDAR), [www.lidar-america.com](http://www.lidar-america.com). Dikunjungi pada 3 November 2018
- Lohani, B. 1996. "Airborne Altimetric LiDAR: Principle, Data Collection, processing, and Applications". Department of Civil Engineering, India

- Lurton, X.2002. *An introduction to underwater acoustics: principles and application*. London: Springer
- Marwati, A., Prasetyo, Y., dan Suprayogi A. 2018. “Analisis Perbandingan Klasifikasi Tutupan Lahan Kombinasi Data Point Cloud LIDAR dan Foto Udara Berbasis Metode Segmentasi dan Supervised (Studi Kasus: Tanggamus Lampung)”. Universitas Diponegoro: Departemen Teknik Geodesi.
- NOAA. 2017. Using Lead Line to Collect Hydrographic Data, <https://celebrating200years.noaa.gov/transformations/hydrography/side.html>. Dikunjungi pada 3 November 2018
- Pal, S., Das, D., and Chakraborty, K. 2015. “Colour optimization of the secchi disk and assessment of the water quality in consideration of light extinction co-efficient of some selected water bodies at Cooch Behar, West Beng.” *International Journal of Multidisciplinary Research and Development* 2015: 2(3): 513-518.
- Paine, D. P. 1981. *Aerial Photography and Image Interpretation for Resource Management*. United States of America : Johnwiley & sons.
- Pemerintah Daerah Kabupaten Kebumen. 2015. Geografis KabupatenKebumen,<http://www.kebumenkab.go.id/index.php/public/page/index/23>.Dikunjungi pada 28 Januari 2019
- Poerbandono dan Djunarsjah. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama
- Putra, I W. K. E. 2016. “Sistem Kerja Sensor Laser pada LiDAR”. Universitas Pendidikan Ganesha : Jurusan Pendidikan Geografi.
- Saylam, K., Hupp, J.R., Averett, A.R., Gutelius, W.F., and Gelhar, B.W. 2018. “Airborne Lidar Bathymetry : Assessing Quality Assurance and Quality Control Methods with Leica Chiroptera Examples”. The University of Texas at Austin : Near Surface Observatory, Bureau of Economic Geology, John A. and Katherine G. Jackson School of Geosciences.

- Wehr, A., and Lohr, U. 1999. "Airborne laser scanning – an introduction and overview". *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 54 (1999) 68-82.
- Wikimedia. 2015. The difference between Digital Surface Model (DSM) and Digital Terrain Models (DTM) when talking about Digital Elevation Models (DEM), [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The\\_difference\\_between\\_Digital\\_Surface\\_Model\\_\(DSM\)\\_and\\_Digital\\_Terrain\\_Models\\_\(DTM\)\\_when\\_talking\\_about\\_Digital\\_Elevation\\_Models\\_\(DEM\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_difference_between_Digital_Surface_Model_(DSM)_and_Digital_Terrain_Models_(DTM)_when_talking_about_Digital_Elevation_Models_(DEM).svg). Dikunjungi pada 28 Januari 2019
- Wolf, P. R. 1974. *Elements of Photogrammetry (With Air Photo Interpretation and Remote Sensing)*. United States of America : McGraw-Hill.
- Yellowscan. 2017. Light Detection and Ranging (LiDAR), [www.yellowscan-lidar.com](http://www.yellowscan-lidar.com). Dikunjungi pada 27 Mei 2019



## Lampiran 1 Pengukuran Data Validasi

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

A. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Air



Gambar 1. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Lokasi 1



Gambar 2. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Lokasi 2



Gambar 3. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Lokasi 3



Gambar 4. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Lokasi 4 (kondisi surut)



Gambar 5. Kondisi Lokasi 4 (saat belum surut)



Gambar 6. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Lokasi 5



Gambar 7. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Lokasi 6



Gambar 8. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Lokasi 7



Gambar 9. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Lokasi 8 (saat surut)



Gambar 10. Kondisi Lokasi 8 (saat belum surut)



Gambar 11. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Lokasi 9





Gambar 12. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Lokasi 10



Gambar 13. Pengukuran Kedalaman dan Kekeruhan Lokasi 11

B. Pengukuran GPS RTK



Gambar 14. Pengukuran GPS RTK Lokasi 1



Gambar 15. Pengukuran GPS RTK Lokasi 2



Gambar 16. Pengukuran GPS RTK Lokasi 3



Gambar 17. Pengukuran GPS RTK Lokasi 4



Gambar 18. Pengukuran GPS RTK Lokasi 5



Gambar 19. Pengukuran GPS RTK Lokasi 6



Gambar 21. Pengukuran GPS RTK Lokasi 7



Gambar 22. Pengukuran GPS RTK Lokasi 8



Gambar 23. Pengukuran GPS RTK Lokasi 9



Gambar 24. Pengukuran GPS RTK Lokasi 10



Gambar 25. Pengukuran GPS RTK Lokasi 11

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## Lampiran 2 Form Pengukuran Data Validasi

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

A. Form Pengukuran Kedalaman (Lead Line)

Tabel 1. Form Pengukuran Kedalaman

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman (Lead Line)	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
1	Tes Validasi 1					
	1.a	363115.253	9152340.054	63.502	75 cm	Surface-dasar
					257 cm	Atas Jembatan
	1.as	363117.383	9152339.896	63.418	75 cm	Surface-dasar
					291 cm	Atas Jembatan
	1.b	363118.915	9152339.204	63.747	75 cm	Surface-dasar
					286,5 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	363123.349	9152337.757	61.730		Kiri Jembatan
	Jembatan2	363109.377	9152341.773	59.839		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					
2	Test Validasi 2					
	2.a	364702.634	9150726.763	43.202	78 cm	Surface-dasar
					384,5 cm	Atas Jembatan

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Lead Line</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
	2.as	364706.456	9150722.795	42.937	73 cm	<i>Surface</i> -dasar
					356 cm	Atas Jembatan
	2.b	364708.108	9150720.043	43.097	73,5 cm	<i>Surface</i> -dasar
					372 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	364710.165	9150717.365	41.873		Kiri Jembatan
	Jembatan2	364699.458	9150731.419	39.871		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					
3	Test Validasi 3					
	3.a	362291.843	9149360.855	37.483	77,5 cm	<i>Surface</i> -dasar
					197 cm	Atas Jembatan
	3.as	362292.827	9149360.665	37.783	77,5 cm	<i>Surface</i> -dasar
					197 cm	Atas Jembatan
	3.b	362294.785	9149359.711	37.582	77,5 cm	<i>Surface</i> -dasar
					197 cm	Atas Jembatan

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman (Lead Line)	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
	Jembatan1	362296.486	9149358.712	38.518		Kiri Jembatan
	Jembatan2	362288.038	9149361.615	36.015		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					
4	Test Validasi 4					
	4.a	362990.731	9148161.567	39.162	128,5 cm	Surface-dasar
					190,5 cm	Atas Jembatan
	4.as	362992.635	9148162.679	39.052	128,5 cm	Surface-dasar
					190,5 cm	Atas Jembatan
	4.b	362993.770	9148163.330	39.062	128,5 cm	Surface-dasar
					190,5 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	362995.620	9148164.232	38.451		Kiri Jembatan
	Jembatan2	362988.781	9148159.889	38.213		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Lead Line</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
5	Test Validasi 5					
	5.a	362558.594	9147461.002	38.182	66 cm	<i>Surface</i> -dasar
					142,5 cm	Atas Jembatan
	5.as	362562.049	9147460.151	38.417	66 cm	<i>Surface</i> -dasar
					167,2 cm	Atas Jembatan
	5.b	362565.092	9147460.059	38.513	66 cm	<i>Surface</i> -dasar
					166 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	362567.133	9147459.333	39.153		Kiri Jembatan
	Jembatan2	362557.786	9147461.498	37.318		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					
6	Test Validasi 6					
	6.a	363873.685	9147074.238	37.636	182,8 cm	<i>Surface</i> -dasar
					719 cm	Atas Jembatan
	6.as	363876.074	9147084.289	37.526	182,8 cm	<i>Surface</i> -dasar
					719 cm	Atas Jembatan

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Lead Line</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
	6.b	363878.998	9147090.983	37.637	182,8 cm	<i>Surface</i> -dasar
					719 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	363881.960	9147103.783	35.611		Kiri Jembatan
	Jembatan2	363870.841	9147068.539	36.677		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					
7	Test Validasi 7					
	7.a	363463.418	9146860.600	37.704	48 cm	<i>Surface</i> -dasar
					191 cm	Atas Jembatan
	7.as	363463.039	9146863.036	37.444	48 cm	<i>Surface</i> -dasar
					191 cm	Atas Jembatan
	7.b	363462.399	9146865.247	37.483	48 cm	<i>Surface</i> -dasar
					191 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	363463.112	9146867.483	38.189		Kiri Jembatan
	Jembatan2	363462.837	9146858.505	36.265		Kanan Jembatan

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Lead Line</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
	Jembatan3					
	Jembatan4					
8	Test Validasi 8					
	8.a	364892.369	9146684.229	36.394	105 cm	<i>Surface</i> -dasar
					154 cm	Atas Jembatan
	8.as	364892.874	9146686.702	36.419	105 cm	<i>Surface</i> -dasar
					154 cm	Atas Jembatan
	8.b	364892.649	9146687.084	36.399	105 cm	<i>Surface</i> -dasar
					154 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	364891.259	9146689.145	35.650		Kiri Jembatan
	Jembatan2	364893.609	9146682.847	35.837		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					
9	Test Validasi 9					
	9.a	365027.834	9145508.605	31.356	15 cm	<i>Surface</i> -dasar



No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Lead Line</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
	9.as	365028.024	9145508.643	29.496	15 cm	<i>Surface</i> -dasar
	9.b	365028.282	9145509.264	29.864	15 cm	<i>Surface</i> -dasar
	Jembatan1	365028.725	9145512.353	31.255		Kiri Jembatan
	Jembatan2	365027.992	9145507.722	31.403		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					
10	Test Validasi 10					
	10.a	364177.370	9144734.926	33.581	58 cm	<i>Surface</i> -dasar
					156 cm	Atas Jembatan
	10.as	364174.707	9144734.218	33.298	58 cm	<i>Surface</i> -dasar
					156 cm	Atas Jembatan
	10.b	364173.095	9144733.250	33.052	58 cm	<i>Surface</i> -dasar
					156 cm	Atas Jembatan

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Lead Line</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
	Jembatan1	364171.555	9144732.592	31.122		Kiri Jembatan
	Jembatan2	364179.581	9144736.217	32.989		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					
11	Test Validasi 11					
	11.a	363006.541	9144410.546	34.706	86,5 cm	<i>Surface</i> -dasar
					182 cm	Atas Jembatan
	11.as	363007.141	9144410.223	34.250	86,5 cm	<i>Surface</i> -dasar
					182 cm	Atas Jembatan
	11.b	363008.231	9144410.268	34.982	86,5 cm	<i>Surface</i> -dasar
					182 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	363007.475	9144410.142	33.819		Kiri Jembatan
	Jembatan2	363004.082	9144410.093	33.747		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					

## B. Form Pengukuran Kekeruhan

Tabel 2. Form Pengukuran Kekeruhan

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Secchi Disk</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
1	Tes Validasi 1					
	1.a	363115.253	9152340.054	63.502	26.5 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					257 cm	Atas Jembatan
	1.as	363117.383	9152339.896	63.418	26.5 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					291 cm	Atas Jembatan
	1.b	363118.915	9152339.204	63.747	26,5 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					286,5 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	363123.349	9152337.757	61.730		Kiri Jembatan
	Jembatan2	363109.377	9152341.773	59.839		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Secchi Disk</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
2	Test Validasi 2					
	2.a	364702.634	9150726.763	43.202	32 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					384,5 cm	Atas Jembatan
	2.as	364706.456	9150722.795	42.937	32 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					356 cm	Atas Jembatan
	2.b	364708.108	9150720.043	43.097	32 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					372 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	364710.165	9150717.365	41.873		Kiri Jembatan
	Jembatan2	364699.458	9150731.419	39.871		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Secchi Disk</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
3	Test Validasi 3					
	3.a	362291.843	9149360.855	37.483	30 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					197 cm	Atas Jembatan
	3.as	362292.827	9149360.665	37.783	30 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					197 cm	Atas Jembatan
	3.b	362294.785	9149359.711	37.582	30 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					197 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	362296.486	9149358.712	38.518		Kiri Jembatan
	Jembatan2	362288.038	9149361.615	36.015		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Secchi Disk</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
4	Test Validasi 4					
	4.a	362990.731	9148161.567	39.162	128,5 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					190,5 cm	Atas Jembatan
	4.as	362992.635	9148162.679	39.052	128,5 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					190,5 cm	Atas Jembatan
	4.b	362993.770	9148163.330	39.062	128,5 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					190,5 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	362995.620	9148164.232	38.451		Kiri Jembatan
	Jembatan2	362988.781	9148159.889	38.213		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Secchi Disk</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
5	Test Validasi 5					
	5.a	362558.594	9147461.002	38.182	23.5 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					142,5 cm	Atas jembatan
	5.as	362562.049	9147460.151	38.417	23.5 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					167,2 cm	Atas Jembatan
	5.b	362565.092	9147460.059	38.513	23.5 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					166 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	362567.133	9147459.333	39.153		Kiri Jembatan
	Jembatan2	362557.786	9147461.498	37.318		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Secchi Disk</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
6	Test Validasi 6					
	6.a	363873.685	9147074.238	37.636	23 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					719 cm	Atas Jembatan
	6.as	363876.074	9147084.289	37.526	23 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					740 cm	Atas Jembatan
	6.b	363878.998	9147090.983	37.637	23 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					687 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	363881.960	9147103.783	35.611		Kiri Jembatan
	Jembatan2	363870.841	9147068.539	36.677		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					



No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Secchi Disk</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
7	Test Validasi 7					
	7.a	363463.418	9146860.600	37.704	16 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					191 cm	Atas Jembatan
	7.as	363463.039	9146863.036	37.444	16 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					191 cm	Atas Jembatan
	7.b	363462.399	9146865.247	37.483	16 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					191 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	363463.112	9146867.483	38.189		Kiri Jembatan
	Jembatan2	363462.837	9146858.505	36.265		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Secchi Disk</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
8	Test Validasi 8					
	8.a	364892.369	9146684.229	36.394	105 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					154 cm	Atas Jembatan
	8.as	364892.874	9146686.702	36.419	105 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					154 cm	Atas Jembatan
	8.b	364892.649	9146687.084	36.399	105 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					154 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	364891.259	9146689.145	35.650		Kiri Jembatan
	Jembatan2	364893.609	9146682.847	35.837		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Secchi Disk</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
9	Test Validasi 9					
	9.a	365027.834	9145508.605	31.356	15 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
	9.as	365028.024	9145508.643	29.496	15 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
	9.b	365028.282	9145509.264	29.864	15 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
	Jembatan1	365028.725	9145512.353	31.255		Kiri Jembatan
	Jembatan2	365027.992	9145507.722	31.403		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					
10	Test Validasi 10					
	10.a	364177.370	9144734.926	33.581	16 cm	<i>Surface</i> – Tidak

No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Secchi Disk</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
						Tampak
					156 cm	Atas Jembatan
	10.as	364174.707	9144734.218	33.298	16 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					156 cm	Atas Jembatan
	10.b	364173.095	9144733.250	33.052	16 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					156 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	364171.555	9144732.592	31.122		Kiri Jembatan
	Jembatan2	364179.581	9144736.217	32.989		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					
11	Test Validasi 11					
	11.a	363006.541	9144410.546	34.706	20 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak

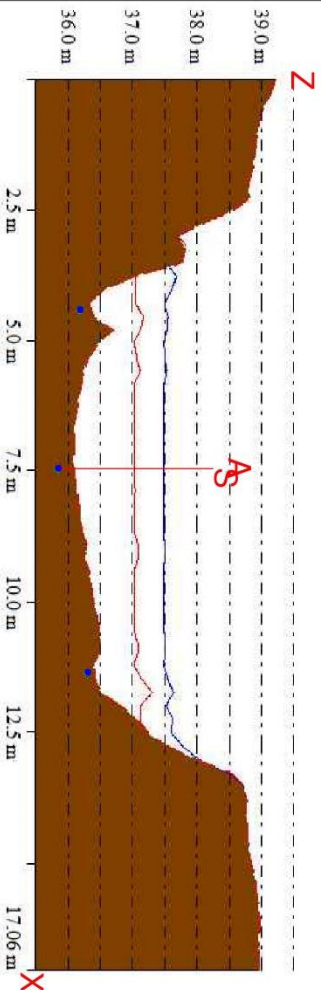
No	Posisi	Koordinat UTM Zona 49S			Kedalaman ( <i>Secchi Disk</i> )	Catatan
		Timur (Meter)	Utara (Meter)	Z (Meter)		
					182 cm	Atas Jembatan
	11.as	363007.141	9144410.223	34.250	20 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					182 cm	Atas Jembatan
	11.b	363008.231	9144410.268	34.982	20 cm	<i>Surface</i> – Tidak Tampak
					182 cm	Atas Jembatan
	Jembatan1	363007.475	9144410.142	33.819		Kiri Jembatan
	Jembatan2	363004.082	9144410.093	33.747		Kanan Jembatan
	Jembatan3					
	Jembatan4					

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

### Lampiran 3 Visualisasi Penampang Melintang Sungai

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***





**LEGENDA**

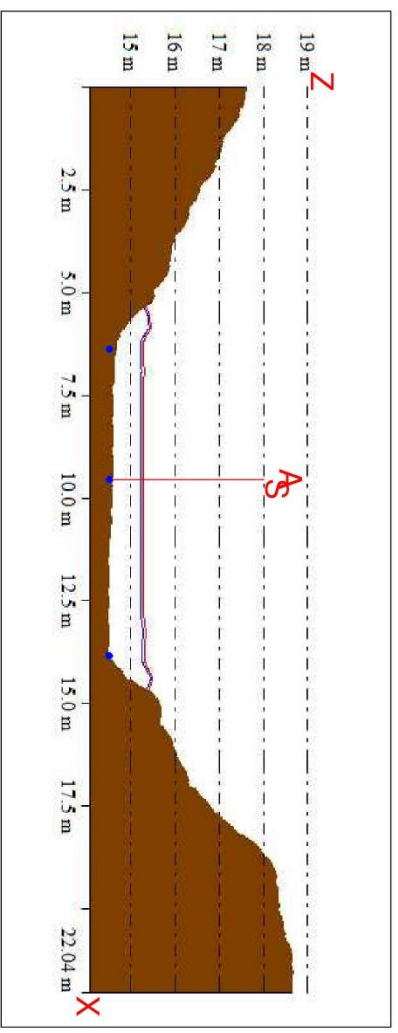
- Permukaan Air Airborne Hydrography
- Permukaan Air Validasi Lapangan
- Permukaan Dasar Airborne Hydrography
- Permukaan Dasar Validasi Lapangan




**TEKNIK GEOMATIKA FTSLK-ITS**  
 Kampus ITS - Keputih Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp : +62 31-59292487, Fax : +62 31-59292486  
 Email : geomatika@its.ac.id

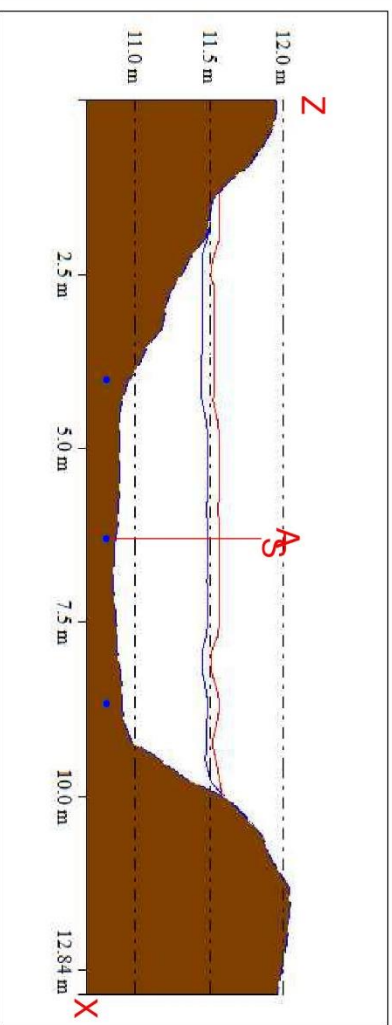
**PENAMPANG MELINTANG  
SUNGAI  
LOKASI 1**





<p><b>PENAMPANG MELINTANG SUNGAI LOKASI 2</b></p>	<p><b>LEGENDA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">—</span> Permukaan Air Airborne Hydrography</li> <li><span style="color: red;">—</span> Permukaan Air Validasi Lapangan</li> <li><span style="color: orange;">—</span> Permukaan Dasar Airborne Hydrography</li> <li><span style="color: blue;">●</span> Permukaan Dasar Validasi Lapangan</li> </ul>	<p><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p> <p><b>TEKNIK GEOMATIKA FTSLK-ITS</b> Kampus ITS - Kepuh Sukolilo, Surabaya 60111 Telp : +62 31-59292487, Fax : +62 31-59292486 Email : geomatika@its.ac.id</p>
---	---	--





### LEGENDA

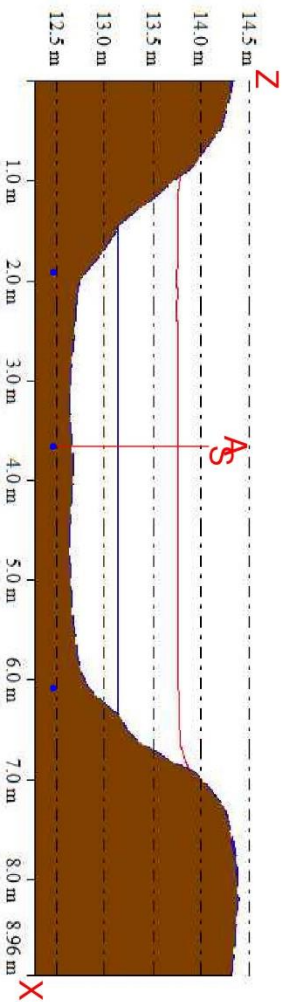
-  Permukaan Air Airborne Hydrography
-  Permukaan Air Validasi Lapangan
-  Permukaan Dasar Airborne Hydrography
-  Permukaan Dasar Validasi Lapangan

### PENAMPANG MELINTANG SUNGAI LOKASI 3



TEKNIK GEOMATIKA FTSLK-ITS  
 Kampus ITS - Keputih Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp : +62 31-59292487, Fax : +62 31-59292486  
 Email : geomatika@its.ac.id





#### LEGENDA

-  Permukaan Air Airborne Hydrography
-  Permukaan Air Validasi Lapangan
-  Permukaan Dasar Airborne Hydrography
-  Permukaan Dasar Validasi Lapangan

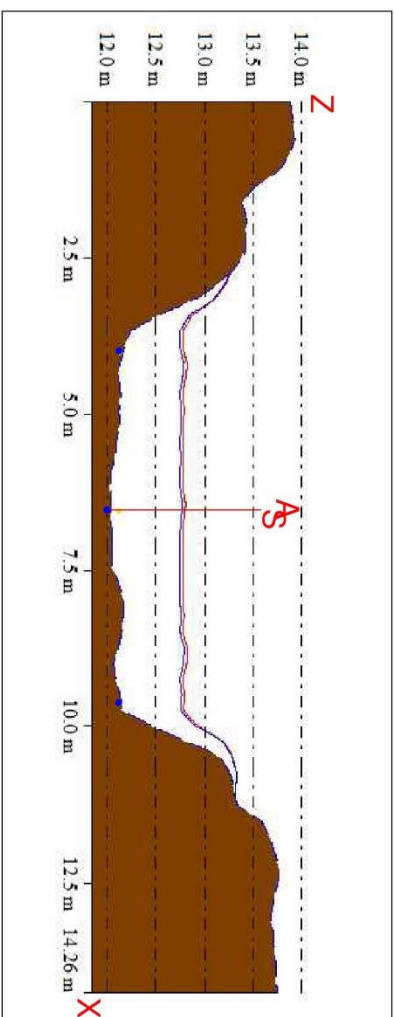
### PENAMPANG MELINTANG SUNGAI LOKASI 4



**TEKNIK GEOMATIKA FTSLK-ITS**  
 Kampus ITS - Keputih Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp : +62 31-59292487, Fax : +62 31-59292486  
 Email : geomatika@its.ac.id







### LEGENDA

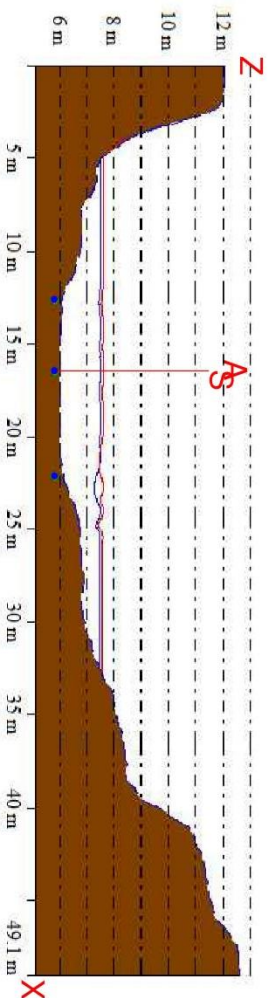
-  Permukaan Air Airborne Hydrography
-  Permukaan Air Validasi Lapangan
-  Permukaan Dasar Airborne Hydrography
-  Permukaan Dasar Validasi Lapangan

### PENAMPANG MELINTANG SUNGAI LOKASI 5



**TEKNIK GEOMATIKA FTSLK-ITS**  
 Kampus ITS - Keputih Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp : +62 31-59292487, Fax : +62 31-59292486  
 Email : geomatika@its.ac.id





#### LEGENDA

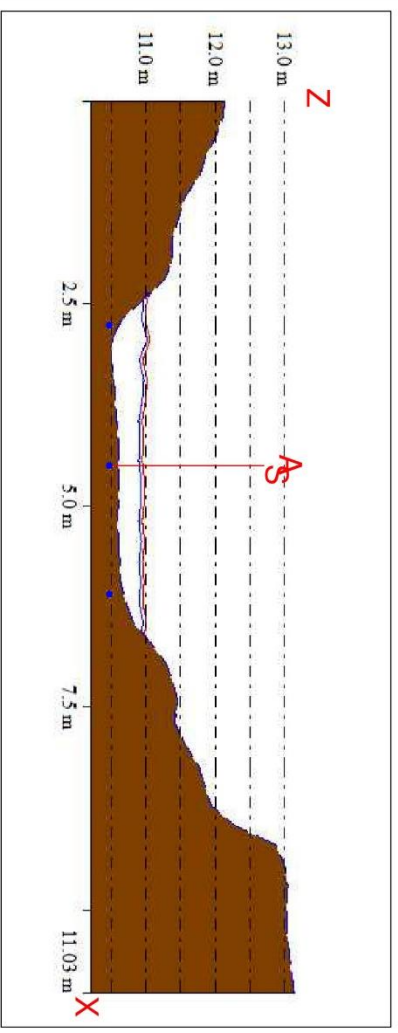
-  Permukaan Air Airborne Hydrography
-  Permukaan Air Validasi Lapangan
-  Permukaan Dasar Airborne Hydrography
-  Permukaan Dasar Validasi Lapangan

### PENAMPANG MELINTANG SUNGAI LOKASI 6

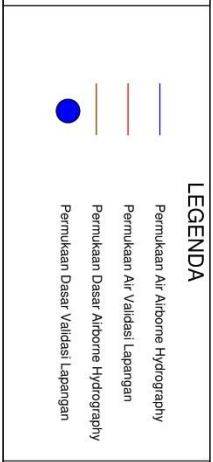


**TEKNIK GEOMATIKA FTSLK-ITS**  
 Kampus ITS - Keputih Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp : +62 31-59292487, Fax : +62 31-59292486  
 Email : geomatika@its.ac.id





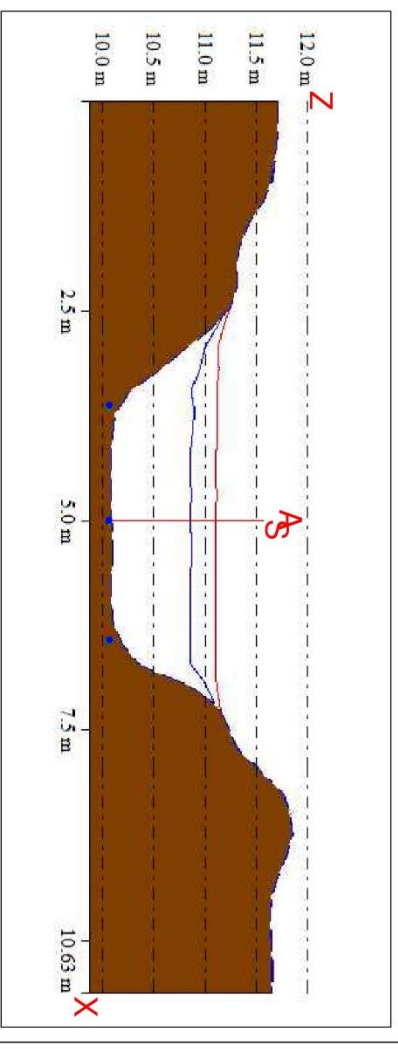
**PENAMPANG MELINTANG  
SUNGAI  
LOKASI 7**



**TEKNIK GEOMATIKA FTSLK-ITS**  
 Kampus ITS - Keputih Sukoilo, Surabaya 60111  
 Telp : +62 31-59292487, Fax : +62 31-59292486  
 Email : geomatika@its.ac.id



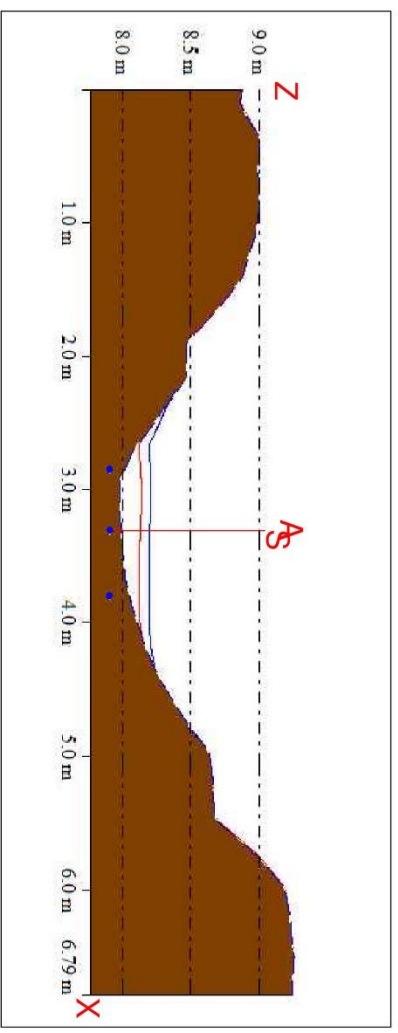




<p><b>PENAMPANG MELINTANG</b> SUNGAI LOKASI 8</p>	<p><b>LEGENDA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">—</span> Permukaan Air Airborne Hydrography</li> <li><span style="color: red;">—</span> Permukaan Air Validasi Lapangan</li> <li><span style="color: brown;">—</span> Permukaan Dasar Airborne Hydrography</li> <li><span style="color: brown;">—</span> Permukaan Dasar Validasi Lapangan</li> </ul>	<p><b>ITS</b> TEKNIK GEOMATIKA FTSLK-ITS</p> <p>Kampus ITS - Kepuh Sukolilo, Surabaya 60111 Telp : +62 31-59292487, Fax : +62 31-59292486 Email : geomatika@its.ac.id</p>
---	---	---











**PENAMPANG MELINTANG  
SUNGAI  
LOKASI 9**

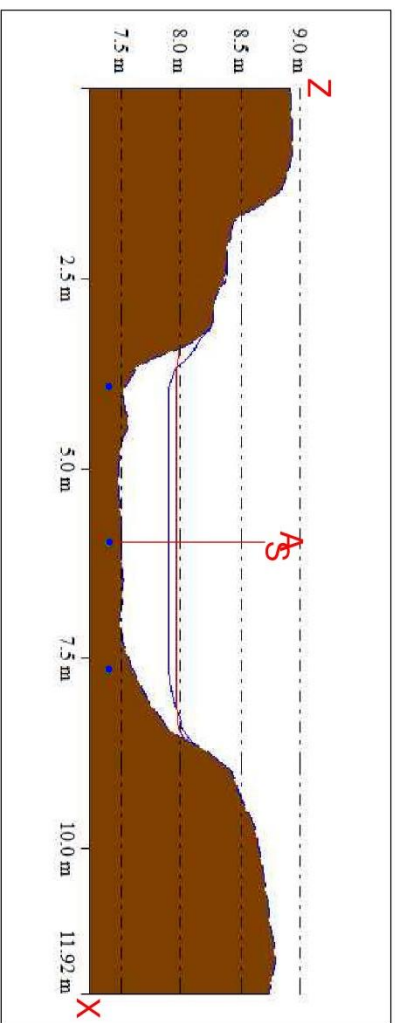
**LEGENDA**

-  Permukaan Air Airborne Hydrography
-  Permukaan Air Validasi Lapangan
-  Permukaan Dasar Airborne Hydrography
-  Permukaan Dasar Validasi Lapangan



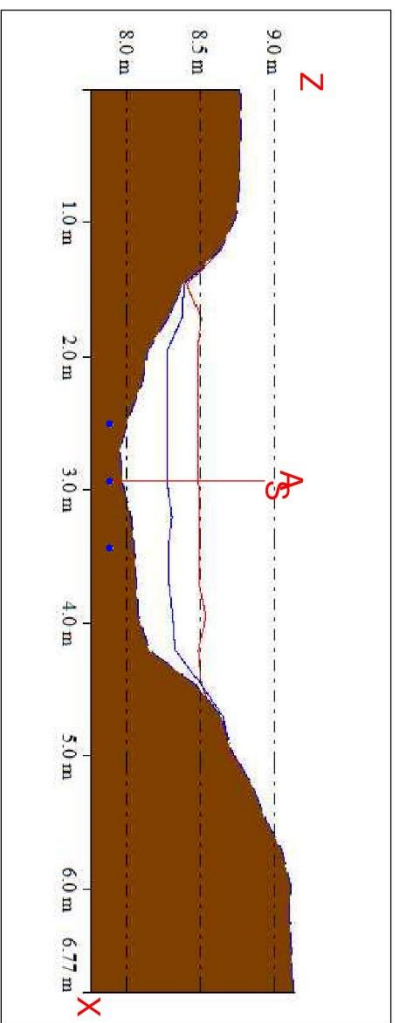
**TEKNIK GEOMATIKA FTSLK-ITS**  
 Kampus ITS - Keputih Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp : +62 31-59292487, Fax : +62 31-59292486  
 Email : geomatika@its.ac.id





<p><b>PENAMPANG MELINTANG SUNGAI LOKASI 10</b></p>	<p><b>LEGENDA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">—</span> Permukaan Air Airborne Hydrography</li> <li><span style="color: red;">—</span> Permukaan Air Validasi Lapangan</li> <li><span style="color: blue;">—</span> Permukaan Dasar Airborne Hydrography</li> <li><span style="color: blue;">—</span> Permukaan Dasar Validasi Lapangan</li> </ul>	<p><b>ITS</b> TEKNIK GEOMATIKA FTSLK-ITS</p> <p>Kampus ITS - Kepunih Sukelilo, Surabaya 60111          Telp : +62 31-5929487 Fax : +62 31-5929486          Email : geomatika@its.ac.id</p>
--	---	--







**PENAMPANG MELINTANG  
SUNGAI  
LOKASI 11**

**LEGENDA**

- Permukaan Air Airborne Hydrography
- Permukaan Air Validasi Lapangan
- Permukaan Dasar Airborne Hydrography
- Permukaan Dasar Validasi Lapangan

**TEKNIK GEOMATIKA FTSLK-ITS**  
 Kampus ITS - Kejuruan Sialidjo, Surabaya 60111  
 Telp : +62 31-5929487 Fax : +62 31-5929486  
 Email : geomatika@its.ac.id

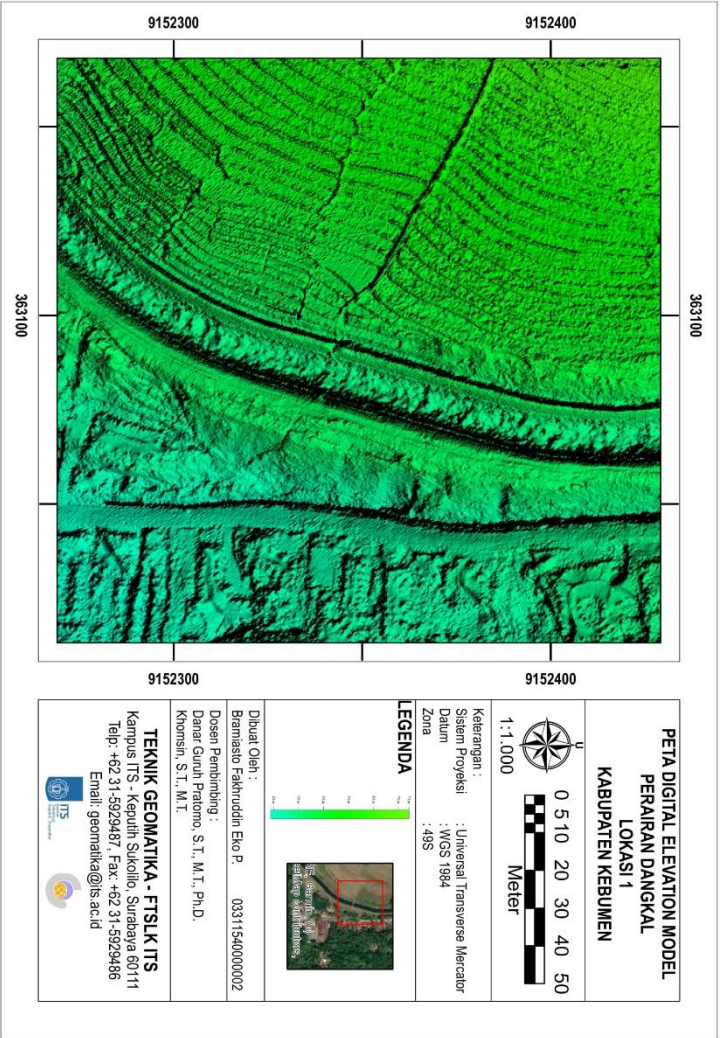





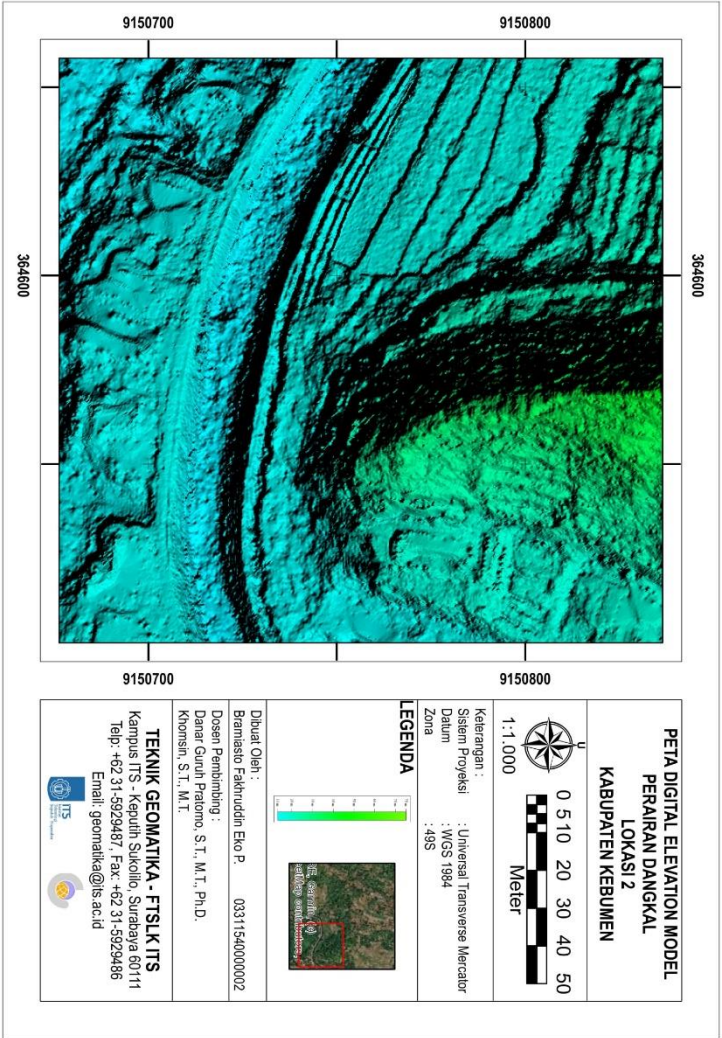
Lampiran 4 *Peta Digital Elevation Model* Perairan Dangkal

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

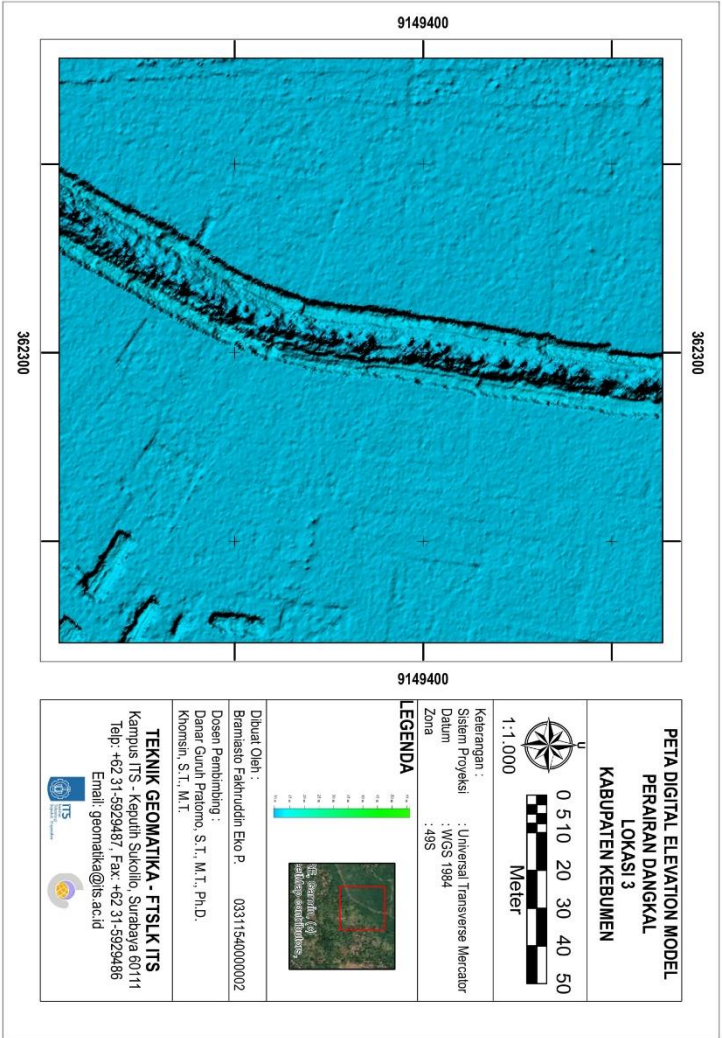




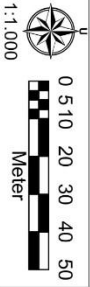








**PETA DIGITAL ELEVATION MODEL  
PERAIRAN DANGKAL  
LOKASI 3  
KABUPATEN KEBUMEN**



1 : 1.000

Keterangan :  
Sistem Proyeksi : Universal Transverse Mercator  
Datum : WGS 1984  
Zona : 49S

**LEGENDA**

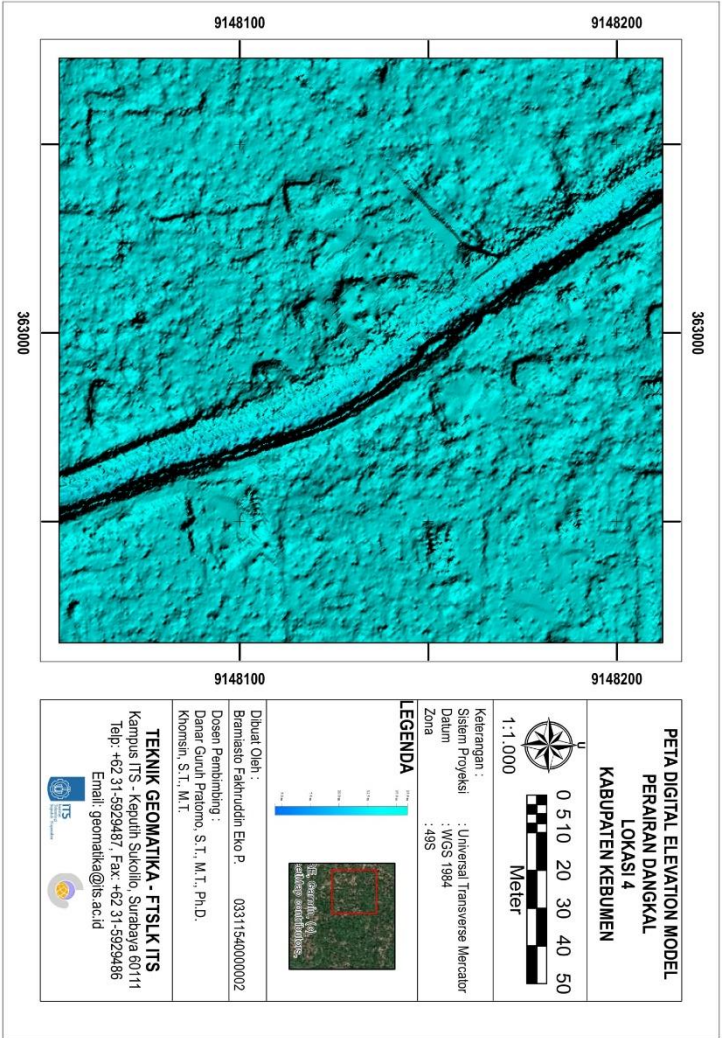


Dibuat Oleh :  
Barrasio Fakhruddin Eko P. 0331154000002  
Dosen Pembimbing :  
Damar Gunung Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
Khosimin, S.T., M.T.

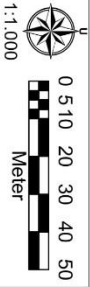
**TEKNIK GEOMATIKA - FTSLK ITS**  
Kampus ITS - Kepunih Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp: +62 31-5929487 Fax: +62 31-5929486  
Email: geomatika@its.ac.id



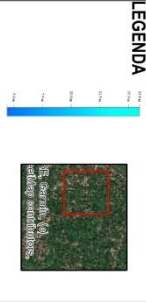


**PETA DIGITAL ELEVATION MODEL  
 PERAIRAN DANGKAL  
 LOKASI 4  
 KABUPATEN KEBUMEN**



Keterangan :  
 Sistem Proyeksi : Universal Transverse Mercator  
 Datum : WGS 1984  
 Zona : 49S



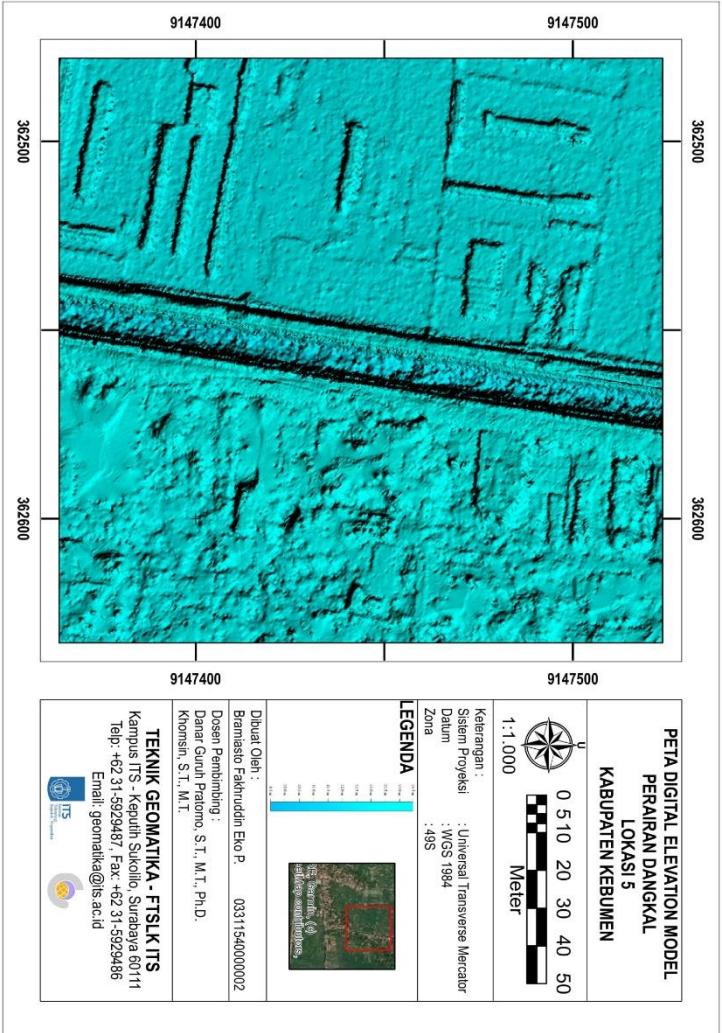
Dibuat Oleh :  
 Bramasio Fakhruddin Eko P. 0331154000002  
 Dosen Pembimbing :  
 Damar Gunung Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
 Khomsin, S.T., M.T.

**TEKNIK GEOMATIKA - FTSLK ITS**  
 Kampus ITS - Kepunih, Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp: +62 31-5929487 Fax: +62 31-5929486  
 Email: geomatika@its.ac.id

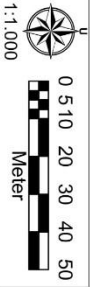




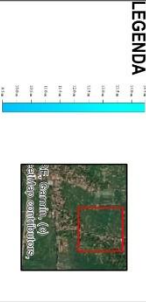




**PETA DIGITAL ELEVATION MODEL  
 PEAIRAN DANGKAL  
 LOKASI 5  
 KABUPATEN KEBUMEN**



Keterangan :  
 Sistem Proyeksi : Universal Transverse Mercator  
 Datum : WGS 1984  
 Zona : 49S



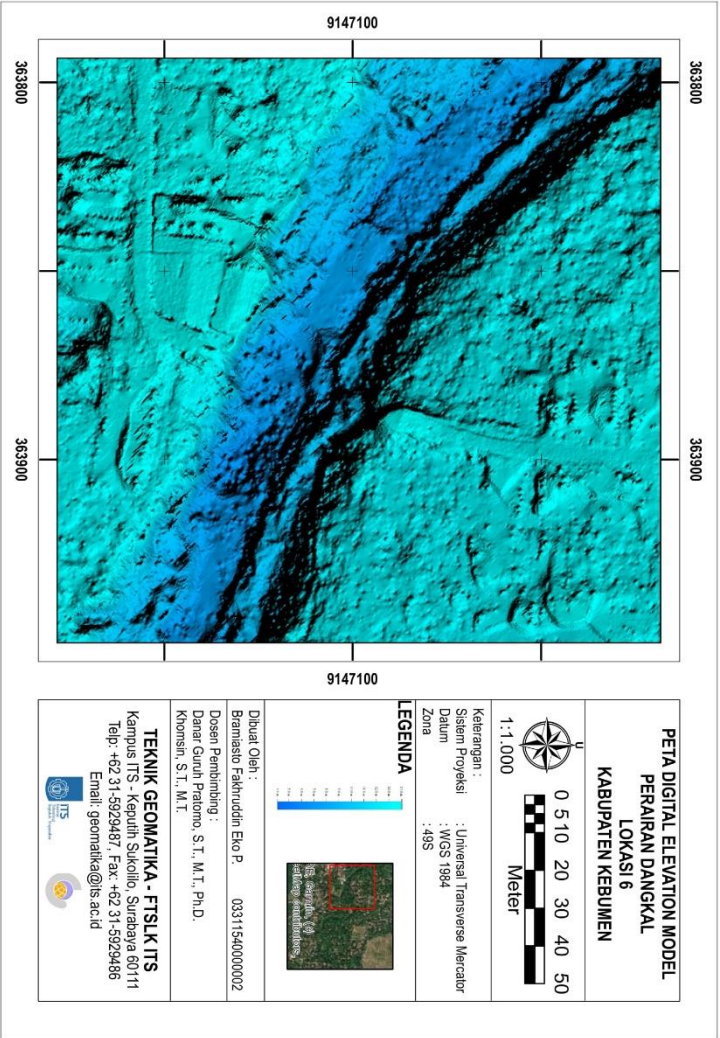
Dibuat Oleh :  
 Brianasro Fakhruddin Eko P. 0331154000002

Dosen Pembimbing :  
 Dinar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
 Khomsin, S.T., M.T.

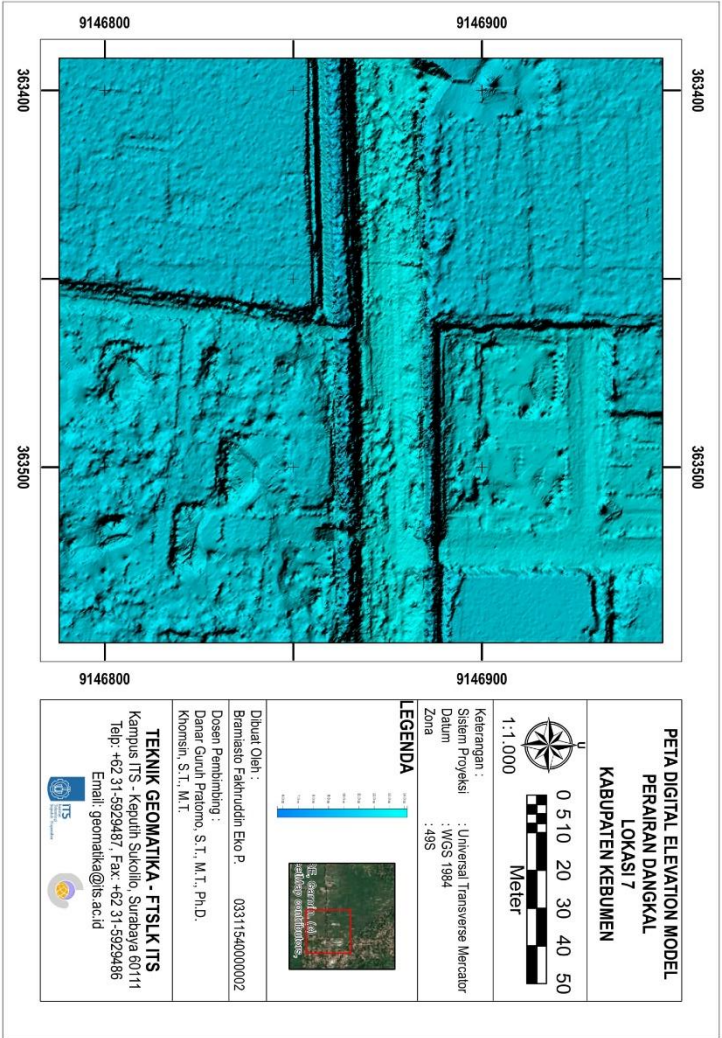
**TEKNIK GEOMATIKA - FTSLK ITS**  
 Kampus ITS - Kepuh, Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp: +62 31-5929487 Fax: +62 31-5929486  
 Email: geomatika@its.ac.id



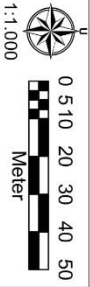




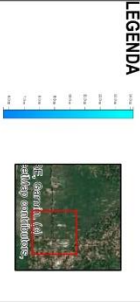




**PETA DIGITAL ELEVATION MODEL  
PERAIRAN DANGKAL  
LOKASI 7  
KABUPATEN KEBUMEN**



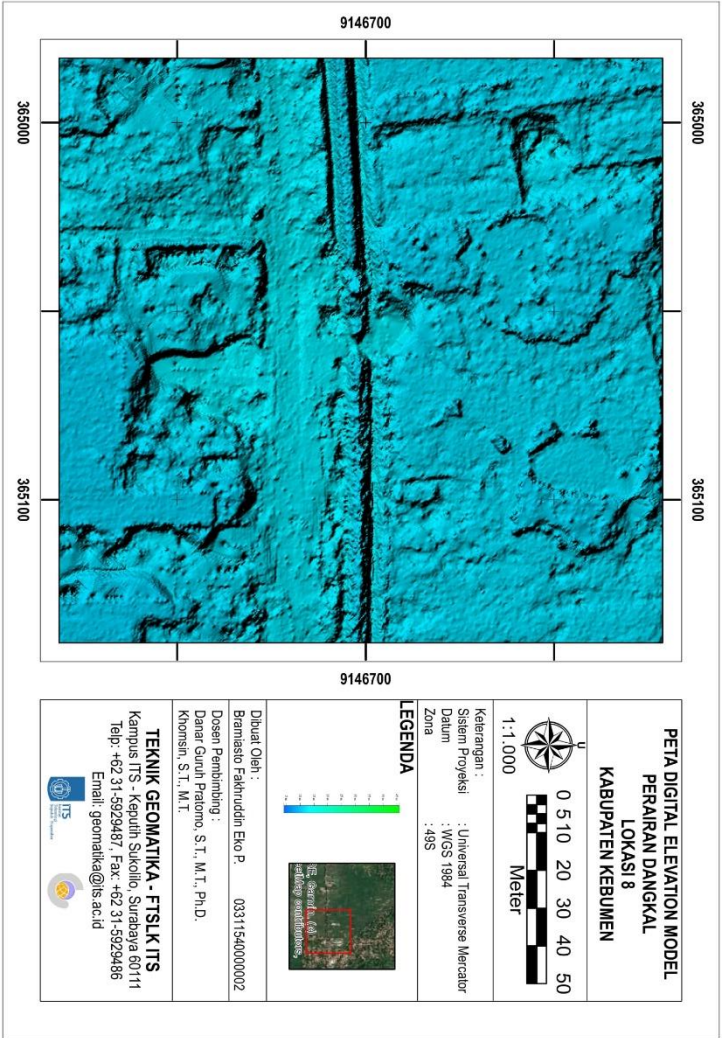
Keterangan :  
Sistem Proyeksi : Universal Transverse Mercator  
Datum : WGS 1984  
Zona : 49S



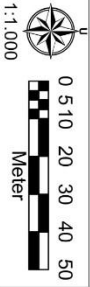
Dibuat Oleh :  
Bianisio Fakhruddin Eko P. 0331154000002  
Dosen Pembimbing :  
Dinar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
Khosimin, S.T., M.T.

**TEKNIK GEOMATIKA - FTSLK ITS**  
Kampus ITS - Kepuh, Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp: +62 31-5929487 Fax: +62 31-5929486  
Email: geomatika@its.ac.id

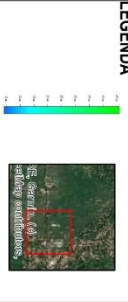




**PETA DIGITAL ELEVATION MODEL  
 PERAIRAN DANGKAL  
 LOKASI 8  
 KABUPATEN KEBUMEN**



Keterangan :  
 Sistem Proyeksi : Universal Transverse Mercator  
 Datum : WGS 1984  
 Zona : 49S

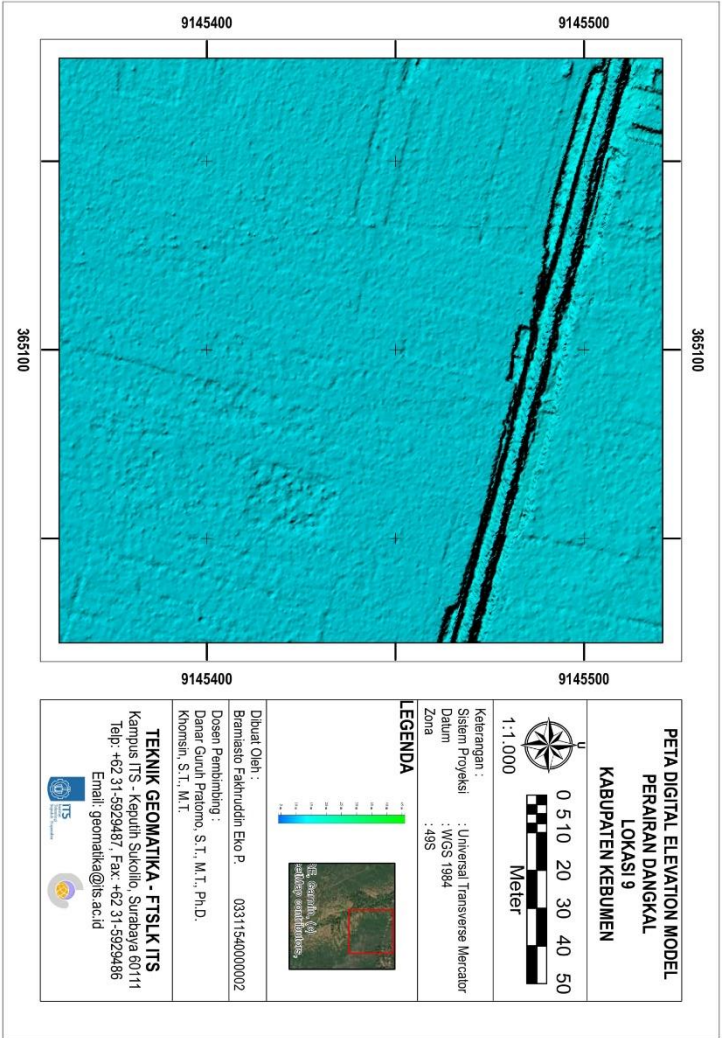


Dibuat Oleh :  
 Brianasro Fakhruddin Eko P. 0031154000002  
 Dosen Pembimbing :  
 Damar Gunung Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
 Khomsin, S.T., M.T.

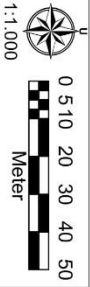
**TEKNIK GEOMATIKA - FTSLK ITS**  
 Kampus ITS - Kepunih, Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp: +62 31-5929487 Fax: +62 31-5929486  
 Email: geomatika@its.ac.id





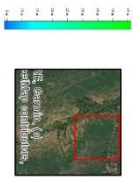


**PETA DIGITAL ELEVATION MODEL  
PERAIRAN DANGKAL  
LOKASI 9  
KABUPATEN KEBUMEN**



Keterangan :  
Sistem Proyeksi : Universal Transverse Mercator  
Datum : WGS 1984  
Zona : 49S

**LEGENDA**

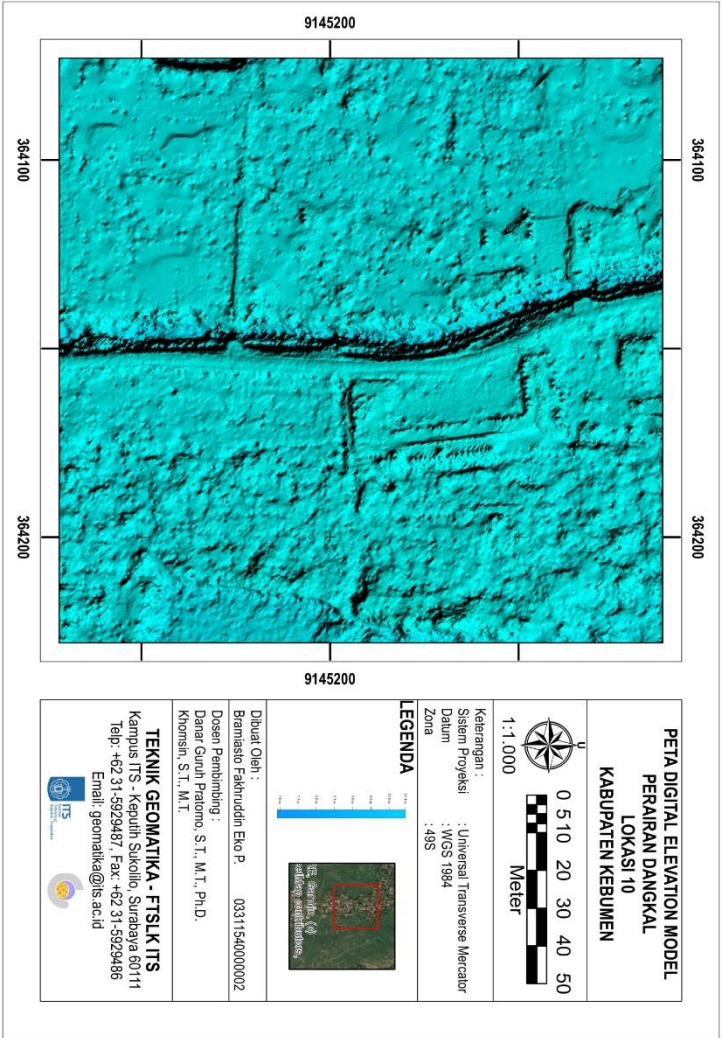


Dibuat Oleh :  
Bianisio Fakhruddin Eko P. 0031154000002  
Dosen Pembimbing :  
Damar Gunung Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
Khosimin, S.T., M.T.

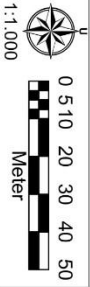
**TEKNIK GEOMATIKA - FTSLK ITS**  
Kampus ITS - Kepuh, Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp: +62 31-5929487 Fax: +62 31-5929486  
Email: geomatika@its.ac.id



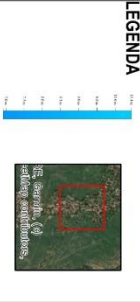




**PETA DIGITAL ELEVATION MODEL  
 PEAIRAN DANGKAL  
 LOKASI 10  
 KABUPATEN KEBUMEN**



Keterangan :  
 Sistem Proyeksi : Universal Transverse Mercator  
 Datum : WGS 1984  
 Zona : 49S



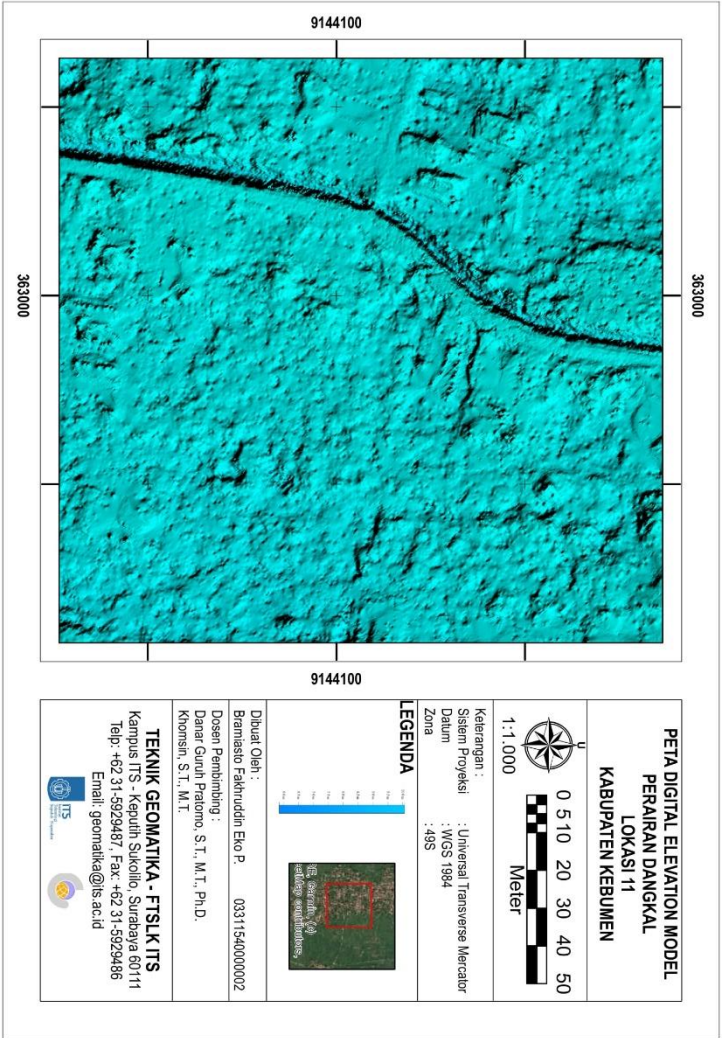
Dibuat Oleh :  
 Brianasro Fakhruddin Eko P. 0031154000002

Dosen Pembimbing :  
 Damar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
 Khomsin, S.T., M.T.

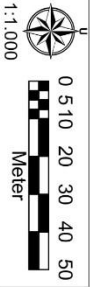
**TEKNIK GEOMATIKA - FTSLK ITS**  
 Kampus ITS - Kepuhu, Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp: +62 31-5929487 Fax: +62 31-5929486  
 Email: geomatika@its.ac.id



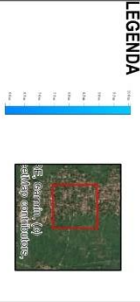




**PETA DIGITAL ELEVATION MODEL  
PERAIRAN DANGKAL  
LOKASI 11  
KABUPATEN KEBUMEN**



Keterangan :  
Sistem Proyeksi : Universal Transverse Mercator  
Datum : WGS 1984  
Zona : 49S



Dibuat Oleh :  
Barraso Fakhruddin Eko P. 0331154000002  
Dosen Pembimbing :  
Dinar Gunu Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
Khosimin, S.T., M.T.

**TEKNIK GEOMATIKA - FTSLK ITS**  
Kampus ITS - Kepunih, Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp: +62 31-5929487 Fax: +62 31-5929486  
Email: geomatika@its.ac.id





## Lampiran 5 Biodata Penulis

## BIODATA PENULIS



Bramiasto Fakhruddin Eko Putranto, dilahirkan di Pacitan, 18 April 1997. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Budiyanto dan Ibu Sri Fariastuti. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Pacitan, SMPN 1 Pacitan, dan SMAN 1 Mejayan. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan studi S1 Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh

Nopember pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN. Terdaftar sebagai mahasiswa aktif dengan NRP 03311540000002. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Geomatika ITS (HIMAGE-ITS) sebagai staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa periode 2016/2017 dan sebagai Kepala Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa periode 2017/2018 serta acara-acara yang diselenggarakan baik oleh Departemen, fakultas maupun kampus ITS. Penulis telah melakukan kerja praktik di PT. Map Tiga Internasional. Untuk menyelesaikan studi, penulis mengerjakan Tugas Akhir bidang keahlian Geomarine dengan spesifikasi bidang Hidrografi dengan judul “Aplikasi *Airborne Hydrography* AB Untuk Pengukuran Perairan Dangkal (Studi Kasus: Kabupaten Kebumen)”