



TUGAS AKHIR - RG141536

**ANALISIS METODE *HYDRO ENFORCEMENT* DALAM
PEMBUATAN *DIGITAL TERRAIN MODEL* LIDAR PADA
OBJEK PERAIRAN PETA RUPA BUMI INDONESIA
SKALA 1:5000**

ELISYA FEBRIANA
NRP 0331144000006

Dosen Pembimbing
Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RG141536

**ANALISIS METODE *HYDRO ENFORCEMENT* DALAM
PEMBUATAN *DIGITAL TERRAIN MODEL* LIDAR PADA
OBJEK PERAIRAN PETA RUPA BUMI INDONESIA
SKALA 1:5000**

ELISYA FEBRIANA
NRP 0331144000006

Dosen Pembimbing
Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG141536

THE ANALYSIS ON HYDRO ENFORCEMENT METHOD USED IN DIGITAL TERRAIN MODEL LIDAR TOWARDS AQUATIC OBJECTS OF INDONESIAN TOPOGRAPHIC MAP ON A 1:5000 SCALE

ELISYA FEBRIANA
NRP 0331144000006

Supervisor
Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS METODE *HYDRO ENFORCEMENT* DALAM
PEMBUATAN *DIGITAL TERRAIN MODEL* LIDAR PADA
OBYEK PERAIRAN PETA RUPA BUMI INDONESIA
SKALA 1:5000**

Nama Mahasiswa : Elisyia Febriana
NRP : 03311440000006
Departemen : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Agung Budi Cahyono, ST., M.Sc. DEA

Abstrak

Pengambilan data LiDAR di Indonesia menggunakan gelombang infra merah untuk menghasilkan nilai elevasi permukaan yang terbiaskan karena tidak dapat menembus kedalaman perairan. Dalam membuat obyek perairan dari hasil akuisisi LiDAR diperlukan metode untuk membuat permukaan air lebih baik. Salah satu metode pembuatan DTM pada daerah perairan pada pengolahan data LiDAR adalah hydro enforcement. Dalam pembuatan DTM dibutuhkan kualitas DTM sesuai kontrol kualitas di petunjuk pelaksanaan pembuatan DTM hydro enforcement dari Badan Informasi Geospasial. Pengolahan DTM menggunakan metode hydro enforcement dimulai dari draping terrain badan perairan, menghilangkan mass points dalam perairan hingga pembentukkan breakline untuk badan perairan sesuai hasil draping yang mempunyai interval antar point cloud di badan perairan adalah 0.5 meter. Kemudian melakukan proses macro hydro enforcement pada software pengolahan LiDAR. Hasil penelitian ini menunjukkan kualitas DTM dengan metode hydro enforcement memberikan visualisasi yang baik untuk perencanaan infrastruktur dalam pembuatan irigasi, pintu air dan memberikan detail yang baik untuk pembuatan unsur hipsografi dalam Peta RBI skala 1:5000. Namun demikian, metode hydro enforcement ini masih terdapat kekurangan dari segi akurasi, sehingga perlu dilakukan pengambilan data lapangan.

Kata Kunci: Digital Terrain Model, Hydro Enforcement, Kontrol Kualitas, LiDAR

THE ANALYSIS ON HYDRO ENFORCEMENT METHOD USED IN DIGITAL TERRAIN MODEL LIDAR TOWARDS AQUATIC OBJECTS OF INDONESIAN TOPOGRAPHIC MAP ON A 1:5000 SCALE

Name : Elisya Febriana
NRP : 03311440000006
Department : Geomatics Engineering
Supervisor : Agung Budi Cahyono, ST., M.Sc. DEA

Abstract

LiDAR data retrieving in Indonesia used the infrared wave to generate a biased elevation result because it can't penetrate the depth of the waters. In order to create aquatic objects from the result of LiDAR acquisition, a certain method is needed to enhance the quality of water surface. One of the methods to create Digital Terrain Model (DTM) of an aquatic area on LiDAR data processing is hydro enforcement. DTM quality must be in accordance with the quality control listed on the manual instructions of DTM hydro enforcement established by Geospatial Information Agency (Indonesian: Badan Informasi Geospasial, abbreviation: BIG). DTM processing using hydro enforcement method is started from draping terrain of the water body, eliminating mass point on the water, and forming the breakline of the water body corresponding to the draping result with the interval of 0.5 m between point cloud on the water body. The next step is processing macro hydro enforcement using LiDAR software. The result of this research shows that the quality of DTM using hydro enforcement method gives better visualization for infrastructure planning on the construction of irrigation and sluice, and also gives better detail to create hypsography elements in Indonesian Topographic Map (Indonesian: Peta Rupabumi Indonesia, abbreviation: Peta RBI) on a 1:5000 scale. However,

this hydro enforcement method still has flaws in accuracy, so that field data retrieval is necessarily needed.

Keywords: Digital Terrain Model, Hydro Enforcement, LiDAR, Quality Control

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS METODE *HYDRO ENFORCEMENT* DALAM PEMBUATAN *DIGITAL TERRAIN MODEL* LIDAR PADA OBYEK PERAIRAN PETA RUPA BUMI INDONESIA SKALA 1:5000

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 :

ELISYA FEBRIANA
NRP. 0331144000006

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Agung Budi Cahyono, ST., M.Sc.
NIP. 1969 0520 1999 03 1002



SURABAYA, JULI 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat diberi kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Analisis Metode *Hydro Enforcement* dalam Pembuatan *Digital Terrain Model LiDAR* pada Obyek Perairan Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:5000**”.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak.

Penulis juga mengucapkan terima kasih atas bantuan serta dukungan yang telah diberikan atas terselesaikannya laporan tugas akhir ini kepada:

1. Allah SWT atas diberi-Nya segala kemudahan, kelancaran, rahmat, serta hidayah
2. Orang tua dan kedua adik yang selalu memotivasi, mendoakan, memberikan dukungan baik secara moril maupun finansial selama pengerjaan tugas akhir ini
3. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D sebagai Kepala Departemen Teknik Geomatika FTSLK ITS
4. Bapak Agung Budi Cahyono, ST., M.Sc. DEA sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan banyak pengarahan, bimbingan, ilmu, kesempatan, dan waktu, untuk membantu penulis
5. Bapak Khomsin, ST., MT. selaku dosen wali
6. PT. Waindo Specterra dan Badan Informasi Geospasial atas bimbingan dan data yang telah diberikan demi kelancaran tugas akhir ini
7. Bapak R. Yustiono, ST. dan Mas Mulyadi yang telah memberikan pengarahan diawal tentang tugas akhir ini
8. Mas Bayu Safari Kurniawan yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan waktu dalam pengolahan data
9. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium Kadaster & Kebijakan Pertanahan (Mas Fikri, Mas Ilyas, Tara, Andreas,

Brian dan Kevin) yang telah memberikan semangat, doa dan dukungan serta bersama-sama mengerjakan tugas akhir di laboratorium

10. Teman-teman Teknik Geomatika angkatan 2014 (G16) yang telah memberikan semangat, doa dan dukungan
11. Tim Pemandu Ekspresi (LKMM TM ITS 2017), Tim Pemandu Bumi (LKMM TM ITS 2018), Penebar Ekspresi dan Penggerak Bumi yang telah memberikan semangat, dukungan, doa dan keluarganya
12. Konseptor, BPH dan Koordinator ITS EXPO 2016 dan ITS EXPO 2017 yang telah memberikan semangat, dukungan, doa dan keluarganya
13. Serta seluruh pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak.....	v
<i>Abstract</i>	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR FORMULA	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 LiDAR (<i>Light Detection and Ranging</i>).....	7
2.2 DEM (<i>Digital Elevation Model</i>)	11
2.3 DTM (<i>Digital Terrain Model</i>).....	12
2.4 <i>Triangulated Irregular Network (TIN)</i>	16
2.5 <i>Mass Point</i>	18
2.6 <i>Hydro Enforcement</i>	19
2.7 KEK Tanjung Lesung	24
2.8 Penelitian Terdahulu	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1 Lokasi Penelitian	29
3.2 Data dan Peralatan.....	29
3.1.1 Data	29
3.1.2 Peralatan.....	30
3.3 Metodologi	30
3.3.1 Tahap Penelitian.....	30
3.3.2 Tahap Pengolahan Data.....	33
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	39

4.1	Hasil	39
4.1.1	Data LiDAR	39
4.1.2	Hasil Data Digitasi 2D	41
4.1.3	Hasil <i>Draping</i> Ketinggian dari <i>Point Cloud</i>	43
4.1.4	Hasil Klasifikasi <i>Point</i> dalam Perairan.....	46
4.1.5	Hasil <i>Breakline</i> Badan Perairan	48
4.1.6	Hasil <i>Run Macro Hydro</i> <i>Enforcement</i>	49
4.1.7	Hasil Visualisasi <i>Path Profile</i>	50
4.1.8	Hasil <i>Overlay</i> Data <i>Points Cloud</i> LiDAR dengan Foto Udara	55
4.1.9	Hasil <i>Overlay</i> Data <i>Points Cloud</i> LiDAR dengan Peta RBI.....	57
4.1.10	Hasil Kontur Data <i>Points Cloud</i> LiDAR.....	60
4.2	Analisis.....	61
4.2.1	Analisis Data Digitasi 2D.....	61
4.2.2	Analisis Kontrol Kualitas DTM	62
4.2.2.1	Tidak Ada <i>Masspoint</i> di Dalam Perairan.....	62
4.2.2.2	Bentukan Sesuai dengan <i>Breakline</i> dan Perairan.....	63
4.2.2.3	Kehalusan DTM Konsisten dan Tidak Membentuk Undakan.....	64
4.2.2.4	Tidak Ada Ketinggian di Bawah 0 Meter Kecuali Depresi atau Cekungan	66
4.2.2.5	Cekungan (<i>Depressions</i>) dan Terasering dengan Perbedaan Tinggi Lebih dari 1 Meter Terbentuk	69

4.2.2.6	Tidak Ada Nilai Ketinggian yang Ekstrim (<i>Spikes</i>).....	69
4.2.2.7	Tubuh Air Mempunyai Ketinggian yang Sama	69
4.2.2.8	DTM di Sepanjang Arah Aliran Air (Sungai, Alur) Mengalir Secara <i>Smooth</i>	71
4.2.2.10	Kesesuaian dengan NLP (Nomor Lembar Peta) yang Bersebelahan	78
4.2.3	Analisis Proses Metode <i>Hydro Enforcement</i>	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		83
5.1	Kesimpulan	83
5.2	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....		85
LAMPIRAN		89
BIODATA PENULIS.....		125

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip Kerja LiDAR.....	9
Gambar 2.2	Posisi Sinar Laser	10
Gambar 2.3	Relief Medan dan Model Digital.....	11
Gambar 2.4	<i>Digital Terrain Model</i>	13
Gambar 2.5	Ilustrasi <i>Digital Terrain Model</i>	13
Gambar 2.6	Data Distribusi Teratur.....	14
Gambar 2.7	Data Berdistribusi Semi Teratur.....	14
Gambar 2.8	Representasi Nilai Ketinggian dengan <i>Point, Triangle, Grid</i> dan <i>Hybrid</i>	15
Gambar 2.9	TIN yang Terbentuk dari 5 Titik Sampel	16
Gambar 2.10	Triangulasi <i>Delaunay</i> dari Sebuah Himpunan Titik pada Bidang	17
Gambar 2.11	Model Sebaran <i>Mass Point</i>	18
Gambar 2.12	DTM LiDAR dengan Jalan Menutupi Gorong-Gorong dari Aliran Hidrogafi	19
Gambar 2.13	DTM LiDAR dengan Perlakuan <i>Hydro</i> <i>Enforcement</i>	20
Gambar 2.14	<i>Hydro Enforcement</i>	21
Gambar 2.15	<i>Hydro Flatten</i>	21
Gambar 2.16	TIN Data LiDAR Sebelum dengan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	23
Gambar 2.17	TIN Data LiDAR dengan Metode <i>Hydro</i> <i>Enforcement</i>	23
Gambar 2.18	Daerah KEK Tanjung Lesung	25
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian Tugas Akhir.....	29
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1	NLP 1109-2348B dan 1109-2349A yang Telah di MKP dan Klasifikasi <i>Ground</i>	40
Gambar 4.2	Salam Satu Contoh <i>Point Cloud</i> Daerah Perairan	40
Gambar 4.3	Hasil Digitasi 2D daerah perairan	41
Gambar 4.4	Hasil Digitasi 2D Daerah Perairan <i>Overlay</i> dengan Data Foto Udara.....	41

Gambar 4.5	Digitasi 2D Daerah Perairan	42
Gambar 4.6	Sebelum Klasifikasi dari <i>Ground Point</i> ke <i>Low Point</i>	47
Gambar 4.7	Sesudah Klasifikasi dari <i>Ground Point</i> ke <i>Low Point</i>	47
Gambar 4.8	Hasil <i>Breakline</i> Daerah Perairan	48
Gambar 4.9	Hasil <i>Breakline</i> Daerah Perairan dengan <i>Point Cloud</i> Sekitarnya	49
Gambar 4.10	Hasil <i>Run Macro Hydro Enforcement</i>	49
Gambar 4.11	Hasil <i>Run Macro Hydro Enforcement</i> Sudah Tidak Ada <i>Point Cloud</i> yang Berada di Daerah Perairan.....	50
Gambar 4.12	Hasil DTM Sebelum Menggunakan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	51
Gambar 4.13	Hasil Sebelum Pembentukan DTM Menggunakan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	51
Gambar 4.14	Salah Satu Sungai yang Dijadikan Contoh <i>Path Profile</i> Sebelum Menggunakan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	52
Gambar 4.15	Hasil <i>Path Profile</i> Sungai Sebelum Menggunakan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	52
Gambar 4.16	Salah Satu Sungai yang Dijadikan Contoh <i>Path Profile</i> Setelah Menggunakan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	53
Gambar 4.17	Hasil <i>Path Profile</i> Sungai Setelah Menggunakan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	54
Gambar 4.18	Contoh Hasil Daerah yang elevasinya 0 Meter pada Area Tambak	54
Gambar 4.19	<i>Overlay Points Cloud</i> dengan Foto Udara	55
Gambar 4.20	<i>Overlay Points Cloud</i> dengan Foto Udara pada Daerah Datar	55
Gambar 4.21	<i>Overlay Breakline</i> dengan Foto Udara.....	56
Gambar 4.22	<i>Overlay Breakline</i> dengan Foto Udara pada Daerah Datar	56

Gambar 4.23	<i>Overlay Breakline</i> dengan Foto Udara pada Daerah Cukup Tinggi.....	57
Gambar 4.24	<i>Overlay Breakline</i> dengan Peta RBI	58
Gambar 4.25	<i>Overlay Breakline</i> dengan Foto Udara pada Daerah Cukup Tinggi.....	58
Gambar 4.26	<i>Overlay Breakline</i> dengan Peta RBI pada Daerah Cukup Tinggi.....	59
Gambar 4.27	<i>Overlay Breakline</i> dengan Peta RBI pada Daerah Sawah.....	59
Gambar 4.28	Kontur LiDAR	60
Gambar 4.29	Kontur LiDAR pada Daerah yang Tidak Datar.....	60
Gambar 4.30	Kontur LiDAR pada Daerah Datar.....	61
Gambar 4.31	Contoh Digitasi Perairan yang Tidak Sesuai	62
Gambar 4.32	Tidak Ada <i>Mass Point</i> di Dalam Perairan.....	63
Gambar 4.33	Kenampakan Bentuk Sesuai dengan <i>Breakline</i> dan Perairan	64
Gambar 4.34	<i>Breakline</i> Punggungan dan menuju ke Sungai.....	65
Gambar 4.35	Letak Visualisasi <i>Path Profile</i> Di Punggungan dan menuju ke Sungai	65
Gambar 4.36	<i>Path Profile</i> di Punggungan dan menuju ke Sungai.....	66
Gambar 4.37	Daerah Elevasi 0 Meter Sebelum dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	67
Gambar 4.38	<i>Path Profile</i> Daerah Elevasi 0 Meter Sebelum Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	67
Gambar 4.39	Daerah Elevasi 0 Meter Setelah Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	68
Gambar 4.40	Daerah Elevasi 0 Meter setelah Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	68
Gambar 4.41	Lokasi <i>Path Profile</i> Badan Sungai Sebelum Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	69

Gambar 4.42	Hasil <i>Path Profile</i> Badan Sungai Sebelum dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	70
Gambar 4.43	Lokasi <i>Path Profile</i> Badan Sungai Setelah Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	70
Gambar 4.44	Hasil <i>Path Profile</i> Badan Sungai Sebelum Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	71
Gambar 4.45	Contoh Salah Satu Sungai Sebelum Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	72
Gambar 4.46	Hasil <i>Path Profile</i> Aliran Sungai Sebelum Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	72
Gambar 4.47	Contoh Salah Satu Sungai Setelah Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	73
Gambar 4.48	Hasil <i>Path Profile</i> Aliran Sungai Setelah Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	74
Gambar 4.49	Contoh Salah Satu Penggalan Sungai Setelah Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	74
Gambar 4.50	Hasil <i>Path Profile</i> Aliran Sungai Lebih Detail	75
Gambar 4.51	Lokasi <i>Path Profile</i> Pada Punggungan Bukit.....	76
Gambar 4.52	Hasil <i>Path Profile</i> Pada Punggungan Bukit	76
Gambar 4.53	Hasil <i>Path Profile</i> Badan Sungai Sebelum Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	77
Gambar 4.54	Hasil <i>Path Profile</i> Badan Sungai Sebelum Dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	77
Gambar 4.55	Hasil DTM Setelah dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	78
Gambar 4.56	Hasil DTM yang bersebelahan setelah dilakukan Metode <i>Hydro Enforcement</i>	79

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Laptop Acer Aspire 4743.....	30
Tabel 3.2 Penilaian Kualitas DTM.....	37
Tabel 4.1 Hasil <i>Draping</i> Sungai Besar.....	44
Tabel 4.2 Hasil <i>Draping</i> Sungai Kecil	45
Tabel 4.3 Hasil Uji Kualitas DTM	79

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR FORMULA

Jarak pada LiDAR.....	8
Jarak Vertikal....	9
Elevasi Obyek... ..	9
Jarak Horizontal	9
Koordinat X.....	10
Koordinat Obyek.....	10

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Klasifikasi <i>Ground Point to Low Point</i>	89
Lampiran 2. Grafik Elevasi As Sungai.....	90
Lampiran 3. Grafik Elevasi Genangan	122

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peta Rupabumi Indonesia (RBI) adalah peta dasar yang memberikan informasi secara khusus untuk wilayah darat. Dalam peta RBI terdapat berbagai macam obyek perairan di dalamnya, contohnya sungai, danau, rawa, tambak dll. Sejak tahun 2010, Indonesia sedang disibukkan dengan pembuatan peta dasar skala 1:5000, karena dalam Kebijakan Satu Peta (KSP) yang diimplementasikan pada skala 1:50.000 diatur dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 9 Tahun 2016 harus diantisipasi untuk ditingkatkan pada skala yang lebih detail. Dalam pembuatan Peta RBI yang dibuat oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) menggunakan hasil akuisisi data dari foto udara, LiDAR, *airborne radar*, citra satelit resolusi tinggi, atau *spaceborne radar*. Untuk skala 1:5000 BIG fokus pada akuisisi data menggunakan foto udara, LiDAR atau *airborne radar*. LiDAR merupakan salah satu sistem dari *Airborne Laser Scanning* (ALS). Sistem ini 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* (Wehr dan Lohr 1999). Laser pada LiDAR akan mengukur jarak ke permukaan tanah atau obyek dan bila dikombinasikan dengan hasil posisi dan orientasi dari sensor, akan menghasilkan *point cloud* dengan koordinat X,Y,Z. Sensor LIDAR berfungsi untuk memancarkan sinar laser ke obyek dan merekam kembali gelombang pantulannya setelah mengenai obyek. Pada umumnya gelombang yang dipancarkan oleh sensor terdiri atas dua bagian, yaitu gelombang hijau dan gelombang infra merah. Gelombang hijau berfungsi sebagai gelombang penetrasi jika suatu sinar laser mengenai daerah perairan. Sinar hijau berfungsi untuk mengukur data kedalaman, sedangkan sinar infra merah berfungsi untuk mengukur data topografi daratan atau permukaan bumi. Tetapi, di

Indonesia masih jarang yang menggunakan sinar hijau, maka dari itu X,Y,Z daerah perairan yang terakuisisi tidak dapat menembus kedalaman perairan dan hasilnya terbiaskan tidak sesuai kondisi. Dalam membuat obyek perairan dari hasil akuisisi LiDAR diperlukan metode untuk membuat perairan lebih baik. Saat ini, data DEM yang digunakan untuk mengekstraksi kontur pada peta RBI skala besar dan menengah adalah *Digital Terrain Model* (DTM) hasil *stereoplotting*. Hal tersebut dilakukan untuk menghasilkan unsur hipsografi yang berada di atas tanah (*bare earth*) (Susetyo dan Perdana 2015).

Digital Terrain Model (DTM) adalah deskripsi digital dari permukaan medan dengan ketinggian di atas titik 2D yang berada pada referensi permukaan. DTM mendekati sebagian atau seluruh permukaan *terrain* dengan satu set poin diskrit dengan nilai tinggi dari poin 2D (Hirt 2015). DTM dibentuk dari DSM dimana nilai elevasi berada pada *bare earth*. DSM yang digunakan untuk membentuk DTM secara digital menghapus seluruh fitur pada permukaan area (Purwanto 2015). DTM secara singkat merupakan DEM yang telah ditambah dengan unsur-unsur seperti *breaklines* dan pengamatan selain data asli (Sari 2016).

Dalam pembuatan DTM dari hasil akuisisi data LiDAR, khususnya bagian perairan diperlukan metode khusus yang harus ditambahkan dalam pengolahan data LiDAR. Salah satu metode pembuatan DTM dengan pengolahan data LiDAR adalah *hydro enforcement*. *Hydro enforcement* merupakan metode untuk memodifikasi nilai elevasi dari suatu data LiDAR yang memiliki *point cloud* sangat rinci dalam menggambarkan topografi. Metode *hydro enforcement* merupakan konsep pembentukan DTM dimana air akan mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Unsur hidrografi (sungai, anak sungai, alur) dalam DTM harus mengalir suatu wilayah agar dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya. Metode *hydro enforcement* dapat menghemat memori penyimpanan sekitar 87% media penyimpanan dibandingkan dengan data LiDAR (Putri 2016). Dengan menggunakan teknologi data LiDAR, pembuatan DTM yang

detail dan akurat serta dalam waktu yang relatif cepat. DTM dari data LiDAR dan Foto udara dihasilkan dengan melakukan klasifikasi dan *filtering* terhadap data *point cloud* LAS LiDAR serta *point cloud* DSM yang dihasilkan dari *image matching* foto udara. Metode yang digunakan untuk klasifikasi dan *filtering* adalah algoritma *macro terrasolid* dan metode *Slope Based Filtering* (SBF). Pembuatan DTM menggunakan data foto udara dengan metode *stereoplotting* menghasilkan selisih ketinggian yang cukup besar. Geomorfologi dari DTM LiDAR sudah terlihat halus sedangkan DTM Foto masih terlihat kasar (Martiana, dkk 2017). Dan ada juga pembuatan DTM dengan data LiDAR berdasarkan *Triangular Irregular Network* (TIN) (Axelsson 2000 dalam Rahmayudi 2016).

Pembuatan DTM dengan metode *hydro enforcement* merupakan hal baru yang sekarang digunakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) dalam kerangka acuan kerja pembuatan peta Rupabumi Indonesia khususnya pada skala 1:5000. Seperti yang sudah dijelaskan metode *hydro enforcement* dapat menghemat memori penyimpanan. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan analisis metode *hydro enforcement* dalam pembuatan DTM dari data LiDAR pada pembuatan obyek perairan peta Rupabumi Indonesia skala 1:5000 khususnya di daerah Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Tanjung Lesung, Banten.

Berlokasi di ujung paling barat Pulau Jawa, yaitu Kabupaten Pandeglang, Banten, KEK Tanjung Lesung merupakan KEK Pariwisata pertama dan telah diresmikan beroperasi pada Februari 2015. KEK Tanjung Lesung memiliki letak yang strategis dan akses yang mudah dijangkau, yaitu 170 km dari Ibukota Jakarta dan dapat ditempuh melalui perjalanan darat selama 2,5 – 3 jam. KEK Tanjung Lesung memiliki luas area 1.500 Ha dengan potensi pariwisata yang beragam (Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus Republik Indonesia 2016). Daerah KEK Tanjung Lesung yang mana sebagai KEK pastinya memerlukan peta yang detail dengan skala 1:5000 agar bisa

dijadikan acuan untuk pengembangan infrastruktur maupun pembangunan kawasan. Dengan adanya akuisisi LiDAR yang sudah ditambahkan metode *hydro enforcement* pada daerah KEK Tanjung Lesung dapat memberikan visualisasi untuk menggambarkan kondisi sebenarnya sebagai acuan untuk pembangunan infrastruktur daerah KEK Tanjung Lesung.

Kontrol Kualitas dalam petunjuk pelaksanaan tahapan pembentukan *Digital Terrain Model (DTM) hydro enforcement* salah satu tahapan dalam pembuatan peta Rupabumi Indonesia daerah KEK Tanjung Lesung skala 1:5000 untuk memantau pembuatan peta agar sesuai dengan prosedur pembuatan peta di Badan Informasi Geospasial (BIG) dan untuk meminimalisir kesalahan. Banyaknya daerah perairan di daerah KEK Tanjung Lesung membuat metode *hydro enforcement* menjadi salah satu solusi dalam pembuatan *Digital Terrain Model (DTM)* pada obyek perairan.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini antara lain:

- a. Bagaimana proses pembuatan *Digital Terrain Model (DTM)* pada obyek perairan di daerah KEK Tanjung Lesung yang dihasilkan dari data LiDAR dengan metode *hydro enforcement*?
- b. Bagaimana kualitas hasil *Digital Terrain Model (DTM)* dengan metode *hydro enforcement* dalam pembuatan obyek perairan peta Rupabumi Indonesia skala 1:5000?

1.3 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dari penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Data yang digunakan berupa data LiDAR di KEK Tanjung Lesung, Provinsi Banten.
2. Analisis berdasarkan kontrol kualitas di petunjuk pelaksanaan tahapan pembentukan *Digital Terrain*

Model (DTM) hydro enforcement dari Badan Informasi Geospasial.

3. Melakukan metode *hydro enforcement* hanya pada obyek perairan peta Rupabumi Indonesia.
4. Metode *hydro enforcement* hanya dilakukan pada perairan yang mempunyai lebar $\geq 2,5$ meter.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

- a. Membuat *Digital Terrain Model (DTM)* pada daerah perairan di KEK Tanjung Lesung yang dihasilkan dari data LiDAR dengan metode *hydro enforcement*.
- b. Menganalisis kualitas hasil *DTM hydro enforcement* pada obyek perairan peta Rupabumi Indonesia skala 1:5000 sesuai petunjuk pelaksanaan tahapan pembentukan *Digital Terrain Model (DTM) hydro enforcement* dari Badan Informasi Geospasial.

1.5 Manfaat

Manfaat dari kegiatan penelitian tugas akhir ini adalah membuat *Digital Terrain Model (DTM)* daerah KEK Tanjung Lesung pada obyek perairan peta Rupabumi Indonesia skala 1:5000 dengan menggunakan metode *hydro enforcement* yang sesuai prosedur pada petunjuk pelaksanaan tahapan pembentukan *Digital Terrain Model (DTM) hydro enforcement* Badan Informasi Geospasial. Dengan kualitas hasil pengolahan data LiDAR dengan metode *hydro enforcement* yang lebih baik akan menjadikan realisasi dari peta RBI 1:5000 di daerah KEK Tanjung Lesung yang baik dan dapat dijadikan acuan untuk pengembangan infrastruktur maupun pembangunan kawasan pada daerah tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 LiDAR (*Light Detection and Ranging*)

LiDAR (*Light Detection and Ranging*) merupakan sistem penginderaan jauh aktif menggunakan sinar laser yang dapat menghasilkan informasi mengenai karakteristik topografi permukaan tanah dalam posisi horizontal dan vertikal. Sinar laser tersebut memiliki gelombang tidak tampak atau infra merah yang dapat menembus celah dedaunan dan mencapai permukaan tanah untuk dipantulkan kembali dan ditangkap oleh sensor laser. Sensor LiDAR berfungsi untuk memancarkan gelombang atau sinar laser ke obyek dan merekam kembali gelombang pantulannya setelah mengenai obyek. Pada umumnya gelombang yang dipancarkan oleh sensor terdiri atas dua bagian, yaitu: gelombang hijau dan gelombang infra merah. Gelombang hijau berfungsi sebagai gelombang penetrasi jika suatu sinar laser mengenai daerah perairan. Gelombang hijau berfungsi untuk mengukur data kedalaman atau batimetri, sedangkan gelombang infra merah berfungsi untuk mengukur data topografi daratan atau permukaan bumi (Jumadi 2008). Sensor laser dilengkapi dengan pengukur waktu untuk mencatat beda waktu ketika gelombang tersebut dipancarkan dan ketika gelombang tersebut diterima kembali (Soetaat 2009 dalam Kandia 2012).

Hasil pengukuran dengan teknologi LiDAR berupa titik-titik yang disebut sebagai *point cloud*. *Point cloud* berupa kumpulan koordinat geometri secara tiga dimensi yang memiliki koordinat X, Y dan Z. Akurasi vertikal teknologi LiDAR yaitu 15–25 cm dan untuk akurasi horizontal 30–50 cm atau dua kali dari akurasi vertikalnya (Sithole 2005 dalam Putri 2016). Koordinat *point cloud* dikombinasi dengan *Global Positioning System* (GPS) untuk memberikan informasi posisi wahana terbang saat akuisisi dan informasi orientasi yang diperoleh dari *Inertial Measurement Unit* (IMU) sehingga menghasilkan akurasi titik koordinat yang tinggi dalam ruang tiga dimensi (Liu, dkk, 2007).

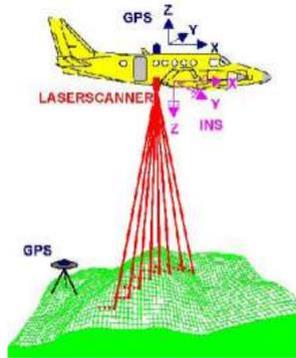
LiDAR dilengkapi detektor yang menangkap berkas sinar yang dipantulkan dari obyek, untuk kemudian dianalisis. Saat proses pemantulan kembali ini akan terjadi perubahan komposisi cahaya, yang kemudian ditetapkan sebagai karakter obyek. Sedangkan, waktu perjalanan sinar dalam proses pemantulan diperlakukan sebagai variabel penentu penghitungan jarak antara obyek dengan sensor (Carter 2012 dalam Sari 2016).

Proses selanjutnya, sensor LiDAR mengambil gambar obyek pada lokasi yang ditentukan. Penyiaman dilakukan dengan memasang *laser scanner*, *Global Positioning System* (GPS), dan *Inertial Navigation System* (INS) pada wahana yang dipilih akan dijadikan jalur terbang pesawat. Pada saat *laser scanner* melakukan penyiaman sepanjang jalur terbang, pada setiap interval waktu tertentu direkam posisinya dengan menggunakan GPS dan orientasinya dengan menggunakan INS. Pada LiDAR terdapat dua sensor yang berfungsi sebagai *transmitter* dan *receiver*. Sensor laser melakukan pengukuran jarak antara sensor terhadap permukaan tanah. Pengukuran jarak menggunakan prinsip beda waktu dan beda fase. Prinsip kerja pada sistem LiDAR terdapat dua sensor yang berfungsi sebagai *transmitter* dan *receiver*. Pada *transmitter* sensor memancarkan sinar langsung ke obyek, selanjutnya sinar tersebut dipantulkan kembali setelah mengenai obyek dan *receiver* sensor merekam pantulan tersebut. Sensor laser melakukan pengukuran jarak antara sensor terhadap permukaan tanah (Baltsavias 1999). Berikut adalah persamaannya:

$$R = \frac{c \times t}{2} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- R = jarak antar sensor dengan titik yang diukur
- c = konstanta kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/s)
- t = waktu tempuh sinyal



Gambar 2.1 Prinsip Kerja LiDAR
(Sumber: Shan 2008 dalam Sari 2016)

Setelah data mentah koordinat didapat dan jarak laser diperoleh, tahap selanjutnya adalah melakukan pengolahan data secara *post-processing*. Menurut Jumadi (2008), ada dua kegiatan yang dilakukan selama *post-processing* yaitu:

1. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mengunduh data *carrier phase* GPS yang dihasilkan oleh *base station* dan *receiver* yang ada pada pesawat. Koordinat titik obyek di permukaan bumi bisa dilakukan proses perhitungannya sebagai berikut:
 - a. Jika sudut pancar gelombang terhadap garis tegak lurus adalah α_i dan jarak antara laser dengan obyek (i) adalah D_i , maka dengan prinsip trigonometri dapat ditentukan jarak vertikal antara sensor dengan tanah V_i yaitu:

$$V_i = D_i \cos \alpha_i \quad (2.2)$$

- b. Jika koordinat sensor (X_s , Y_s , dan H_s) diketahui, maka dapat ditentukan elevasi dari obyek (i), yaitu:

$$Elev_i = H_s - V_i \quad (2.3)$$

- c. Tentukan jarak horizontal antara titik i dengan garis yang tegak lurus dengan tanah dengan menggunakan persamaan trigonometri.

$$H_i = D_i \sin \alpha_i \quad (2.4)$$

- d. Jika diasumsikan bahwa pesawat terbang bergerak sepanjang sumbu-Y dan sudut pancarnya bergerak ke arah kanan, maka koordinat Y_i akan sama dengan koordinat sensor. Sehingga nilai X akan menjadi:

$$X_i = X_{sr} + H_i \quad (2.5)$$

- e. Koordinat dari obyek (i) adalah:

$$X_i, Y_i, \text{ dan } Elev_i \quad (2.6)$$

Keterangan:

V_i = Jarak Vertikal

D_i = Jarak Laser dengan Obyek

α_i = Sudut Pancar Gelombang terhadap Garis Tegak Lurus

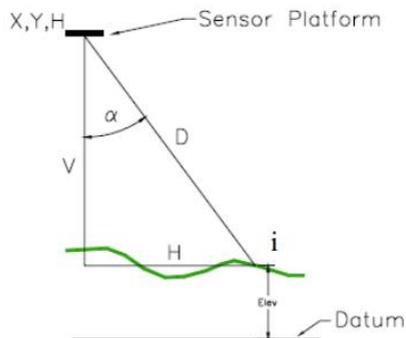
$Elev_i$ = Elevasi dari Obyek (i)

H_s = Jarak Horizontal titiuk i

X_i = Koordinat X Obyek (i)

Y_i = Koordinat Y Obyek (i)

Koordinat yang dihasilkan telah tergeoreferensi. Secara matematis, proses perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan *software* yang ada pada sistem pengolahan data.

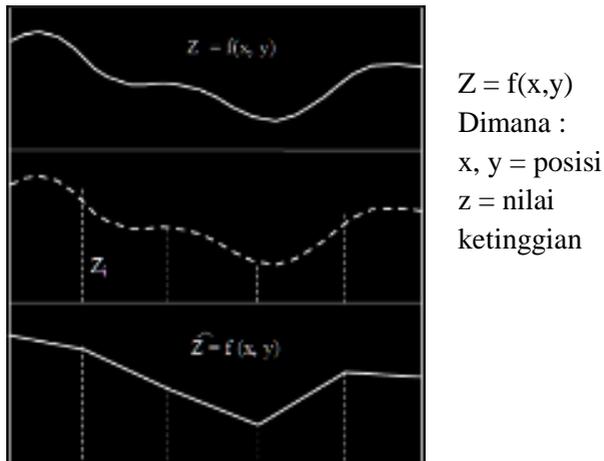


Gambar 2.2 Posisi Sinar Laser
(Sumber: Burtch 2002 dalam Jumadi 2008)

Bagian kedua dari *post-processing* adalah membuang data yang tidak relevan yang dikumpulkan selama pengambilan data. Data yang tidak relevan dibuang yang disebabkan oleh kesalahan: sistem waktu, kondisi atmosfer, bias GPS, dan kesalahan lainnya yang disebabkan kondisi topografi permukaan bumi.

2.2 DEM (Digital Elevation Model)

DEM (*Digital Elevation Model*) adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli 1991 dalam Purwanto 2015).



Gambar 2.3 Relief Medan dan Model Digital
(Sumber: Tempfli 1991 dalam Purwanto 2015)

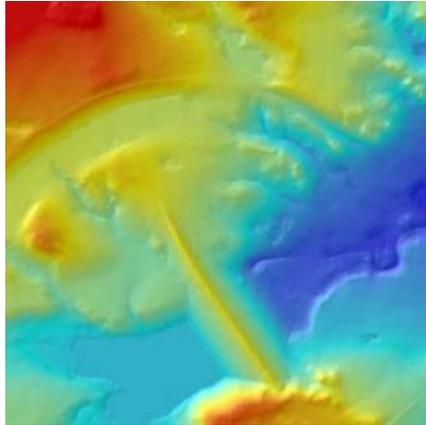
DEM merupakan suatu sistem, model, metode, dan alat dalam mengumpulkan, *processing*, dan penyajian informasi medan. Susunan nilai-nilai digital yang mewakili distribusi spasial dari karakteristik medan, distribusi spasial diwakili oleh nilai-nilai pada sistem koordinat horizontal X dan Y serta karakteristik

medan diwakili oleh ketinggian medan dalam sistem koordinat Z (Doyle 1991 dalam Purwanto 2015). *Digital Elevation Model* (DEM) khususnya digunakan untuk menggambarkan model relief rupa bumi tiga dimensi (3D) yang menyerupai keadaan sebenarnya di dunia nyata (*real world*) divisualisasikan dengan bantuan teknologi komputer grafis dan teknologi *virtual reality* (Mogal 1993 dalam Purwanto 2015).

Sumber data dari DEM dapat bermacam-macam diantaranya FU stereo (*Photogrammetric Techiques*), citra satelit stereo (*Stereo-pairs technique*), data pengukuran lapangan (GPS, Theodolith, EDM, Total Station, Echosounder), peta topografi (*Interpolation Technique*), peta topografi (*Interpolation Technique*), radar (*Radar technique*), LiDAR (*Laser Scanner Technique*). Sedangkan bentuk data dari DEM meliputi titik (titik tinggi), garis (kontur), dan penyiaman (LiDAR) (Purwanto 2015).

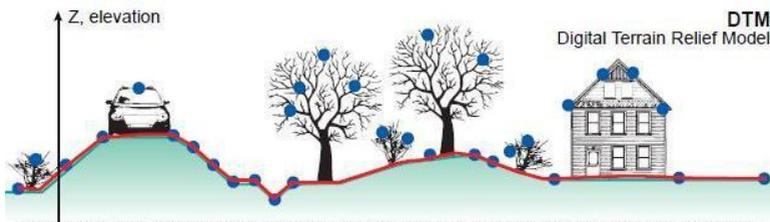
2.3 DTM (*Digital Terrain Model*)

DTM merupakan model digital permukaan tanah berupa bidang yang menggabungkan fitur tertentu seperti sungai, garis punggung, *break lines*, dan lain-lain ke dalam model yang terbentuk dari titik-titik yang diketahui koordinat tiga dimensinya (Li dkk, 2005). DTM memuat data informasi permukaan bumi tanpa tutupan lahan di atasnya (Istarno 2004 dalam Duantari 2017). DTM dibentuk dari DSM dimana nilai elevasi berada pada *bare earth*. DSM yang digunakan untuk membentuk DTM secara digital menghapus seluruh fitur pada permukaan area (Purwanto 2015).



Gambar 2.4 *Digital Terrain Model*
(Sumber: Purwanto 2015)

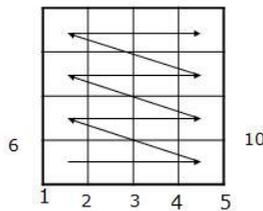
DTM merupakan bentuk digital dari *terrain* (permukaan tanah, tidak termasuk obyek di atasnya). DTM digambarkan sebagai tiga representasi dimensi permukaan medan yang terdiri dari X, Y, Z koordinat disimpan dalam bentuk *digital* yang juga mencakup ketinggian dan elevasi unsur-unsur geografis lainnya serta fitur alami seperti sungai, jalur pegunungan. DTM secara singkat merupakan DEM yang telah ditambah dengan unsur-unsur seperti *breaklines* dan pengamatan selain data asli (Sari 2016). Ilustrasi DTM disajikan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Ilustrasi *Digital Terrain Model*
(Sumber: <http://www.charim.net/datamanagement/32>)

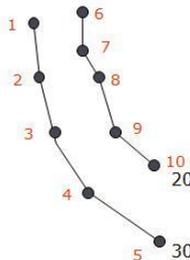
Menurut Djurdjani (1999), DTM dapat disimpan dalam berbagai metode:

- a. Data berdistribusi teratur yaitu data disimpan dengan spasi yang teratur antar titik sehingga membentuk suatu grid. Data elevasi direkam pada tiap spasi tertentu, sesuai dengan resolusi spasial dari grid tersebut. Bentuk dasar dari grid yang paling sering digunakan adalah bentuk persegi seperti gambar 2.6.



Gambar 2.6 Data Distribusi Teratur
(Sumber: Nugroho 2003)

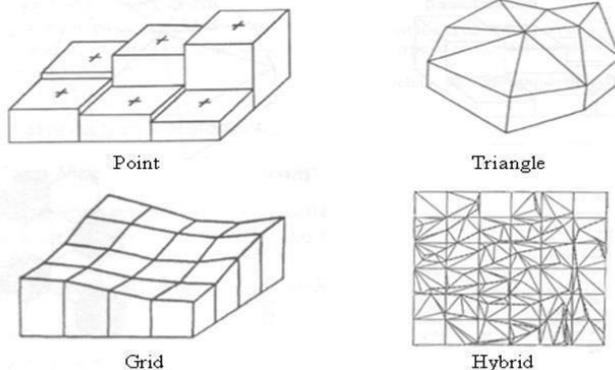
- b. Data berdistribusi semi teratur. Pada metode ini, distribusi penyimpanan data hanya teratur pada salah satu unsur datanya, sedangkan unsur data lainnya berbentuk acak. Contohnya garis kontur pada peta yang merepresentasikan ketinggian yang sama pada permukaan bumi dengan interval ketinggian tertentu yang konstan mempunyai keteraturan pada koordinat Z, tetapi pada koordinat X dan Y acak (gambar 2.7)



Gambar 2.7 Data Berdistribusi Semi Teratur
(Sumber: Nugroho, 2003)

- c. Data berdistribusi acak adalah distribusi penyimpanan data yang tidak ada keteraturan pada setiap unsur datanya. Salah satu bentuk struktur data acak adalah *Triangulated Irregular Networks* (TIN) dengan segitiga-segitiga tidak beraturan sebagai satuan datanya.
- d. Fungsi permukaan. Pada metode ini menggunakan model matematis tertentu, namun metode ini cenderung hanya memberikan gambaran umum permukaan (*trend surface*) serta menghilangkan detail-detail lokal pada permukaan bumi karena detail-detail yang terdapat pada permukaan bumi sangat kompleks sehingga sulit disajikan dalam model matematis secara tepat.

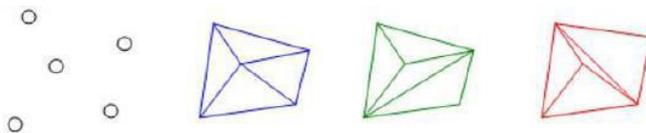
Nilai ketinggian pada dasarnya dapat direpresentasikan dengan titik, garis, dan bidang yang disusun berdasar algoritma berbasis jaringan segitiga, grid, maupun gabungannya (Atunggal 2010) seperti ilustrasi pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Representasi Nilai Ketinggian dengan *Point*, *Triangle*, *Grid* dan *Hybrid*
(Sumber: Atunggal 2010)

2.4 Triangulated Irregular Network (TIN)

TIN adalah salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk pembuatan DTM dan penarikan garis kontur. TIN merupakan algoritma yang berdasarkan pada jaring segitiga yang menghubungkan tiga titik (Wilson dan Gallant 2000). Pada *Digital Terrain Model, Triangulated Irregular Network (TIN)* adalah representasi dari permukaan yang diambil dari komponen titik sampel dan *breaklines* (Bhargava 2013). TIN dibuat dari satu set *mass point* yang diperoleh dari nilai ketinggiannya. TIN dapat dibuat menggunakan Triangulasi *Delaunay*, sebuah proses berulang untuk menghubungkan suatu titik dengan dua titik lain yang berdekatan untuk membentuk suatu segitiga yang diusahakan memiliki sudut yang besarnya hampir sama (Chang 2008 dalam Arfaini 2016). Gambar 2.11 berikut menggambarkan bentuk TIN dari beberapa titik sampel.

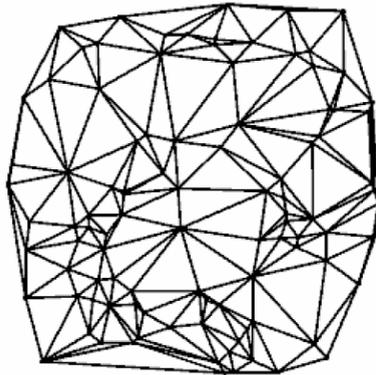


Gambar 2.9 TIN yang Terbentuk dari 5 Titik Sampel
(Sumber: Atunggal 2010)

Ada dua metode yang dapat digunakan untuk generalisasi TIN yaitu secara manual dan otomatis. Generalisasi secara manual dilakukan dengan memilih secara manual titik-titik yang akan digunakan dan menggabungkannya sehingga membentuk jaring segitiga. Generalisasi secara otomatis dilakukan sepenuhnya dengan menggunakan *software*. Menurut Bhargava ada dua fase prinsip untuk membuat TIN, yaitu :

1. Pemilihan data (*mass points*) dan koneksinya dengan *triangular facets*
2. Triangulasi otomatis dengan seleksi titik manual adalah teknik lain yang telah digunakan.

Triangulasi *Delaunay* dari sebuah himpunan simpul adalah sebuah triangulasi dari himpunan simpul dengan ketentuan tidak ada simpul dalam himpunan simpul tersebut yang jatuh pada wilayah siklus yang melalui tiga simpul sekaligus dari segitiga dalam triangulasi. Triangulasi *Delaunay* memaksimalkan sudut minimum dari semua sudut segitiga yang ada dalam triangulasi. (Hadiati 2007)



Gambar 2.10 Triangulasi *Delaunay* dari Sebuah Himpunan Titik pada Bidang
(Sumber: Hadiati 2007)

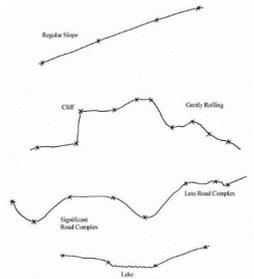
Untuk membentuk TIN yang mampu merepresentasikan *terrain* dengan kualitas yang baik diperlukan data elevasi yang rapat dengan ketelitian tinggi. Titik-titik pembentuk bidang-bidang segitiga pada TIN model merupakan model yang memiliki koordinat tiga dimensi (X, Y, Z), permukaan segitiga tersebut menjadi bidang interpolasi titik-titik yang ada didalamnya. Hasil interpolasi akan semakin baik jika bentuk segitiga penyusun TIN model sistematis, yakni mendekati bentuk segitiga sama sisi, dan hasil interpolasi semakin buruk jika

perbandingan panjang salah satu sisi segitiga tidak mendekati panjang sisi-sisi lain dari segitiga tersebut.

2.5 Mass Point

Mass point adalah titik-titik ketinggian di permukaan bumi (Badan Informasi Geospasial 2015 dalam Arfaini 2016). Titik-titik ketinggian ini berisi informasi koordinat X, Y serta Z nya. Untuk pembuatan *mass point* sendiri dapat dilakukan sesuai juklak *stereoplotting* dari BIG dengan ketentuan sebagai berikut :

- Titik harus ditempatkan di atas tanah (*bare earth/terrain*).
- Titik diambil secara random menyesuaikan bentuk terrain dengan kerapatan 2-20 m.



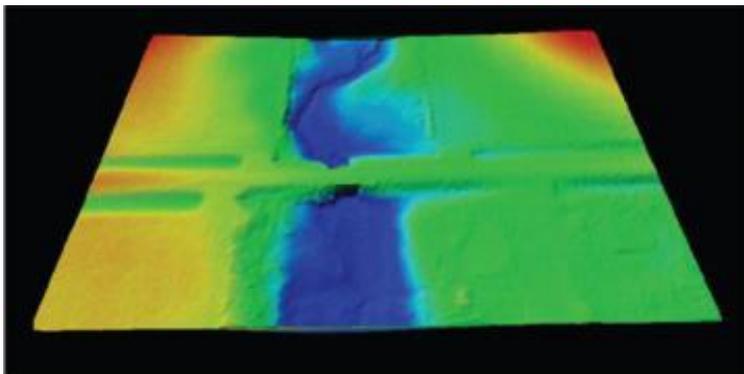
Gambar 2.11 Model Sebaran *Mass Point*
(Sumber : Badan Informasi Geospasial 2015 dalam Arfaini 2016)

- Pengambilan data secara Random adalah pengambilan data ketinggian berdasarkan pola relief topografi
- Mass point* tidak boleh terlalu dekat/berimpit dengan sungai atau breakline karena akan merusak kontur.
- Ploting *mass point* harus memperhatikan elevasi unsur sungai dan breakline disekitarnya. Elevasi *mass point* harus lebih rendah daripada elevasi *breakline* dan lebih tinggi daripada elevasi plotting unsur sungai.
- Pada area perairan tidak boleh ada *mass point*.

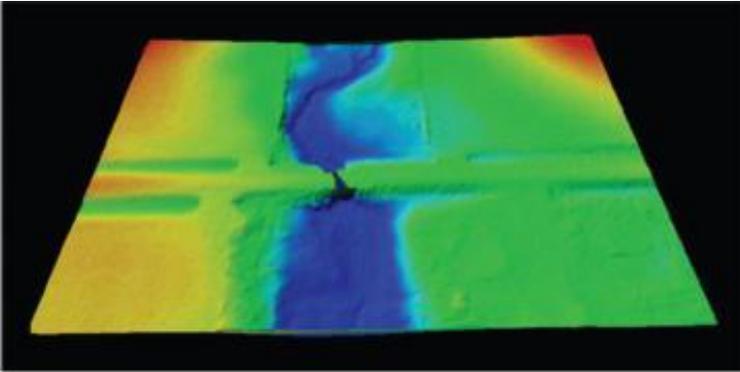
- g. Nilai ketinggian pada kolom elevasi harus sama dengan nilai Z.
- h. Nilai ketinggian tidak sama dengan nol atau bernilai lebih kecil dari nol kecuali daerah cekungan/tambang yang dapat memiliki ketinggian minus.

2.6 Hydro Enforcement

Hydro enforcement merupakan metode untuk memodifikasi nilai elevasi dari suatu data LiDAR yang memiliki *point cloud* sangat rinci dalam menggambarkan topografi. Metode *hydro enforcement* dilakukan dengan menurunkan atau menaikkan elevasi suatu wilayah agar dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya. Obyek-obyek yang menghambat dalam pembuatan unsur perairan dihilangkan dan dilakukan pengeditan pada data yang dihilangkan tersebut, supaya dapat mengisi tempat kosong dari obyek-obyek penghambat unsur perairan. Ilustrasi *hydro enforcement* disajikan pada gambar 2.12 dan 2.13.



Gambar 2.12 DTM LiDAR dengan Jalan Menutupi Gorong-Gorong dari Aliran Hidrogafi
(Sumber: Poppenga dkk, 2014)

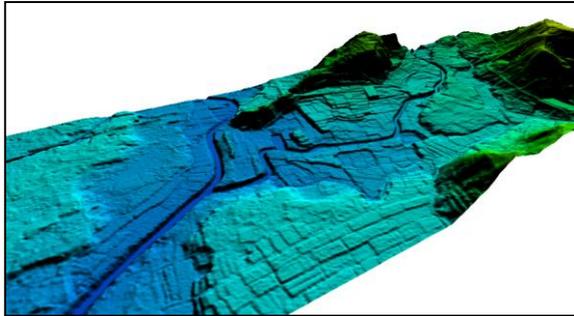


Gambar 2.13 DTM LiDAR dengan Perlakuan *Hydro Enforcement*
(Sumber: Poppenga dkk, 2014)

Sesuai dengan kaidah pembentukan topografi permukaan bumi oleh ASPRS bahwa DTM harus mengikuti prinsip pembentukan air yaitu *hydro enforcement* dan *hydro flattern* (Badan Informasi Geospasial 2017). Selain dua prinsip tersebut, untuk mendapatkan kontur yang baik DTM perlu ditambah dengan *breakline*.

a) *Hydro enforcement*

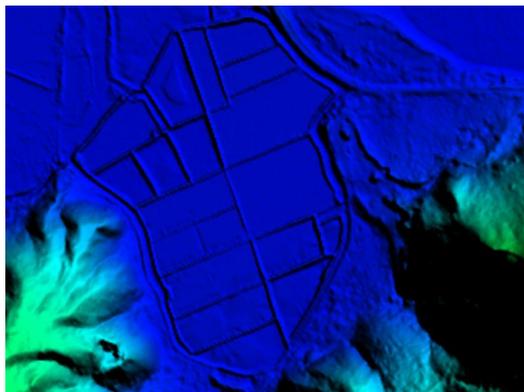
Konsep pembentukan DTM dimana air akan mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Unsur hidrografi (sungai, anak sungai, alur) dalam DTM harus mengalir dan tidak terdapat genangan atau tidak terdapat arah aliran yang justru terbalik.



Gambar 2.14 *Hydro Enforcement*
(Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2017)

b) *Hydro flattern*

Konsep pembentukan DTM dimana air akan datar penempati ruang. Unsur hidrografi (sungai, danau, rawa, empang) dalam DTM harus mempunyai ketinggian sama di sisi pinggir sungai (datar, tidak miring) sehingga air tidak tumpah. Seperti gambar di bawah ini, ketinggian air di kolam dibuat datar.



Gambar 2.15 *Hydro Flattern*
(Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2017)

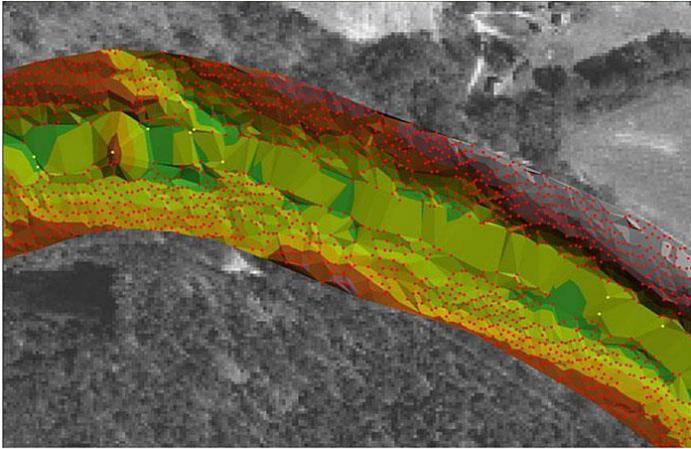
c) *Breakline*

Breakline ditambahkan dalam DTM yang telah diproses oleh operator DTM untuk membentuk *terrain* sesuai dengan kondisi lapangan dan untuk pembentukan kontur yang kartografis. Unsur *breakline* yang digunakan adalah unsur hidrografi sungai dua garis dan unsur air yang datar menempati ruang seperti rawa dan danau.

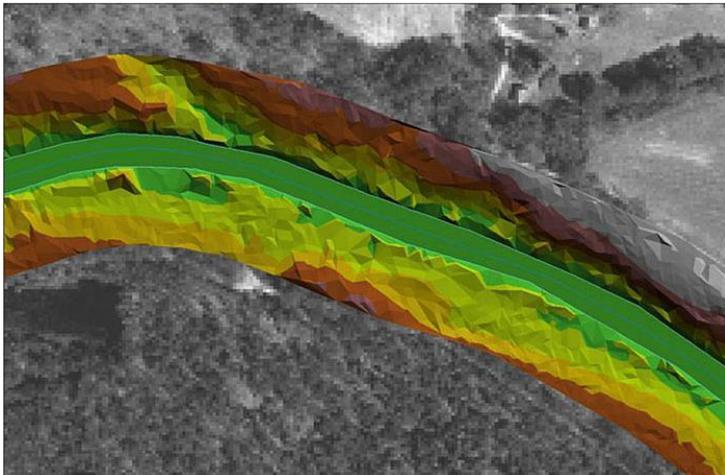
Unsur *breakline* hidrografi didigitasi secara 2 dimensi untuk selanjutnya dilakukan pemrosesan *draping* 3D menggunakan data DTM LiDAR.

Dalam pemetaan topografi, *Hydro enforcement* digambarkan sebagai praktik standar untuk memaksa sungai, danau, kolam ataupun unsur perairan lainnya menjadi datar, dengan ketinggian yang sesuai di sepanjang garis unsur perairan, sehingga akan menghasilkan kontur yang tidak akan memasuki permukaan air. Pada data LiDAR, *point* yang ditangkap sepanjang unsur perairan akan memiliki variasi ketinggian yang berbeda, hal ini disebabkan oleh kehadiran vegetasi dan ketidak rataan alami dari permukaan tanah.

Metode *Hydro enforcement* diberlakukan dengan menganggap bahwa ketinggian yang diandalkan merupakan ketinggian dari sekitar permukaan air itu sendiri. Cara termudah untuk menjalankan metode *Hydro enforcement* yaitu dengan menggabarkan secara manual *point-point* tiga dimensi di sekitar badan air, mengklasifikasikan semua *point cloud* LiDAR yang berada di dalam unsur perairan sebagai "air", dan menetapkan semua simpul di *point-point* tersebut ke nilai elevasi tunggal. Kontur yang dihasilkan dari TIN proses ini akan konsisten dengan standar pemetaan topografi. Proses pengumpulan dan menambahkan *breaklines* tambahan sepanjang tepi danau, kolam, sungai, dan garis pantai, disajikan pada gambar 2.16 dan 2.17, yang disebut *hydro enforcement*.



Gambar 2.16 TIN Data LiDAR Sebelum dengan Metode *Hydro Enforcement*
(Sumber: Schuckman 2014 dalam Putri 2016)



Gambar 2.17 TIN Data LiDAR dengan Metode *Hydro Enforcement*
(Sumber: Schuckman 2014 dalam Putri 2016)

Algoritma kerja dari metode *Hydro enforcement* yaitu menghilangkan *point cloud* yang berada di dalam perairan, melakukan pembuatan DTM dari *point cloud* hasil *plotting* dengan mengikut sertakan *breakline* seperti punggung bukit, sungai (garis tepi sungai), unsur perairan lainnya (garis tepi danau, dsb), serta garis batas darat dan laut. *Hydro enforcement* dilakukan terhadap DTM yang telah terbentuk, sehingga aliran sungai berbentuk logis dengan tubuh air memiliki ketinggian yang sesuai. Melakukan editing terhadap *noise* atau *spike* juga harus dilakukan pada hasil pembuatan DTM.

2.7 KEK Tanjung Lesung

Berlokasi di ujung paling barat Pulau Jawa, yaitu Kabupaten Pandeglang, Banten, KEK Tanjung Lesung merupakan KEK Pariwisata pertama dan telah diresmikan beroperasi pada Februari 2015. KEK Tanjung Lesung memiliki letak yang strategis dan akses yang mudah dijangkau, yaitu 170 km dari Ibukota Jakarta dan dapat ditempuh melalui perjalanan darat selama 2,5 – 3 jam.

KEK Tanjung Lesung memiliki luas area 1.500 Ha dengan potensi pariwisata yang beragam, antara lain keindahan alam pantai, keragaman flora dan fauna serta kekayaan budaya yang eksotis. KEK Tanjung Lesung juga dekat dengan atraksi wisata Banten lainnya seperti Kawasan Tua Banten, Budaya Badui dan Debus, Taman Nasional Ujung Kulon, Gunung Krakatau serta wisata kepulauan.

Berasal dari kata “lesung” yaitu alat penumbuk padi tradisional, Tanjung Lesung memiliki bentuk dataran pantai wilayah yang menjorok ke laut dan mirip lesung. Dengan pantai dengan pasir putih serta laut yang jernih, KEK Tanjung Lesung telah menarik baik wisatawan nasional maupun internasional. Selama tahun 2016 tercatat jumlah kunjungan wisatawan sejumlah 570.000 orang dan ditargetkan meningkat hingga 6,1

juta wisatawan saat beroperasi penuh pada 2020 (Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus Republik Indonesia 2018).



Gambar 2.18 Daerah KEK Tanjung Lesung
(Sumber: Google Earth 2018)

2.8 Penelitian Terdahulu

Terdapat penelitian sebelumnya dari Putri pada tahun 2016 dengan judul *Pemodelan Tiga Dimensi Daerah Pesisir Dengan Menggunakan Data LiDAR dan Orthofoto*. Dalam penelitian tersebut menggunakan metode *Hydro enforcement* yang telah menghasilkan pemodelan tiga dimensi daerah pesisir Desa Ciparagejaya, Kecamatan Tempuran, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat. Metode *Hydro enforcement* dapat menghemat memori penyimpanan. Metode ini membutuhkan kurang lebih 25 mb memori penyimpanan, sedangkan data LiDAR membutuhkan kurang lebih 179 mb memori penyimpanan, yang artinya sekitar 87% media penyimpanan dapat dihemat. Dan hasil pemodelan tiga dimensi daerah pesisir Desa Ciparagejaya, Kecamatan Tempuran, Kabupaten Karawang dapat mewakili bentuk dari fitur-fitur obyek sesuai dengan data vektor dan ortofoto dari *terrain* pada daerah tersebut yang terbilang landai dengan nilai elevasi antara 0 – 3 meter.

Pada penelitian berikutnya, pembuatan DTM menggunakan metode penapisan *slope based filtering* dan algoritma *macro terrasolid*. Penelitian dari (Matiana, dkk 2017) ini berjudul Analisis Akurasi DTM Terhadap Penggunaan Data *Point Cloud* Dari Foto Udara dan Las Lidar Berbasis Metode Penapisan *Slope Based Filtering* dan Algoritma *Macro Terrasolid*. Secara visual DTM LiDAR dan DTM Foto hasil *filtering* menggunakan algoritma *macro terrasolid* dan SBF menghasilkan geomorfologi yang sudah menyerupai DTM *Stereoplotting*, geomorfologi dari DTM LiDAR sudah terlihat halus sedangkan DTM Foto masih terlihat kasar. Berdasarkan hasil analisis *transect* yang dilakukan kepada masing-masing DTM, diperoleh hasil bahwa ketinggian DTM LiDAR sudah mendekati DTM *Stereoplotting*, sedangkan DTM Foto masih menghasilkan selisih ketinggian yang cukup besar terhadap DTM *Stereoplotting*.

Pada tahun 2017, Duantari melakukan penelitian dengan judul Analisis Perbandingan DTM (*Digital Terrain Model*) dari LiDAR (*Light Detection and Ranging*) dan Foto Udara dalam Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia. Penelitian tersebut berlokasi Sei Mangkei, Sumatera Utara. Pada penelitian ini memberikan informasi berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014 pada ketelitian peta skala 1:5000, hasil pengolahan data LiDAR masuk ke dalam klasifikasi kelas 1 dan foto udara masuk kelas 2. Berdasarkan hasil kontur yang dihasilkan, kontur hasil *stereoplotting* lebih sederhana karena hanya menampilkan kontur yang diperlukan dalam sebuah peta, tidak terdapat titik-titik tinggi hasil perekaman yang tidak diperlukan, dan lebih mudah dipahami pengguna sesuai dengan syarat peta apabila dibandingkan dengan hasil kontur LiDAR.

Pada penelitian ini, penulis akan melakukan kualitas hasil pembuatan DTM menggunakan metode *hydro enforcement* menggunakan data LiDAR pada obyek perairan peta RBI skala 1:5000. Daerah yang dipilih sebagai tempat penelitian adalah KEK Tanjung Lesung, Provinsi Banten, Indonesia. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi dalam

pembuatan DTM *hydro enforcement* menggunakan data LiDAR pada obyek perairan peta RBI sesuai prosedur pada kontrol kualitas di petunjuk pelaksanaan tahapan pembentukan Digital Terrain Model (DTM) *hydro enforcement* dari Badan Informasi Geospasial.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Data LiDAR dalam penelitian tugas akhir ini berlokasi di KEK Tanjung Lesung, Provinsi Banten dengan koordinat $6^{\circ}31'27.5''\text{LS}$ - $6^{\circ}31'48.7''\text{LS}$ dan $105^{\circ}41'32.0''\text{BT}$ - $105^{\circ}43'38.4''\text{BT}$. Berlokasi di ujung paling barat Pulau Jawa, yaitu Kabupaten Pandeglang, Banten, KEK Tanjung Lesung merupakan KEK Pariwisata pertama dan telah diresmikan beroperasi pada Februari 2015. KEK Tanjung Lesung memiliki letak yang strategis dan akses yang mudah dijangkau.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Tugas Akhir
(Sumber: Google Earth 2018)

3.2 Data dan Peralatan

3.1.1 Data

Data yang dibutuhkan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Data digitasi foto udara 2D KEK Tanjung Lesung, Banten NLP 1109-2348B dan 1109-2349A tahun 2017
2. Data foto udara KEK Tanjung Lesung, Banten NLP 1109-2348B dan 1109-2349A tahun 2017
3. Data *Digital Terrain Model* LiDAR KEK Tanjung Lesung, Banten NLP 1109-2348B dan 1109-2349A tahun 2017

4. Peta Rupabumi Indonesia 1:25000 lembar 1109-234 Cigeulis tahun 1998

3.1.2 Peralatan

Peralatan yang dibutuhkan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Perangkat Keras

- a. *Mouse*

- b. Laptop Acer Aspire 4743

Spesifikasi Laptop Acer Aspire 4743 adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi Laptop Acer Aspire 4743

Spesifikasi	Keterangan
Prosesor	Core™ i3-380mM (2.1GHz)
Memori (RAM)	6 GB DDR3
Tipe Grafis	Intel HD graphics
HDD	320GB

2. Perangkat Lunak

- a. Software pengolah kata

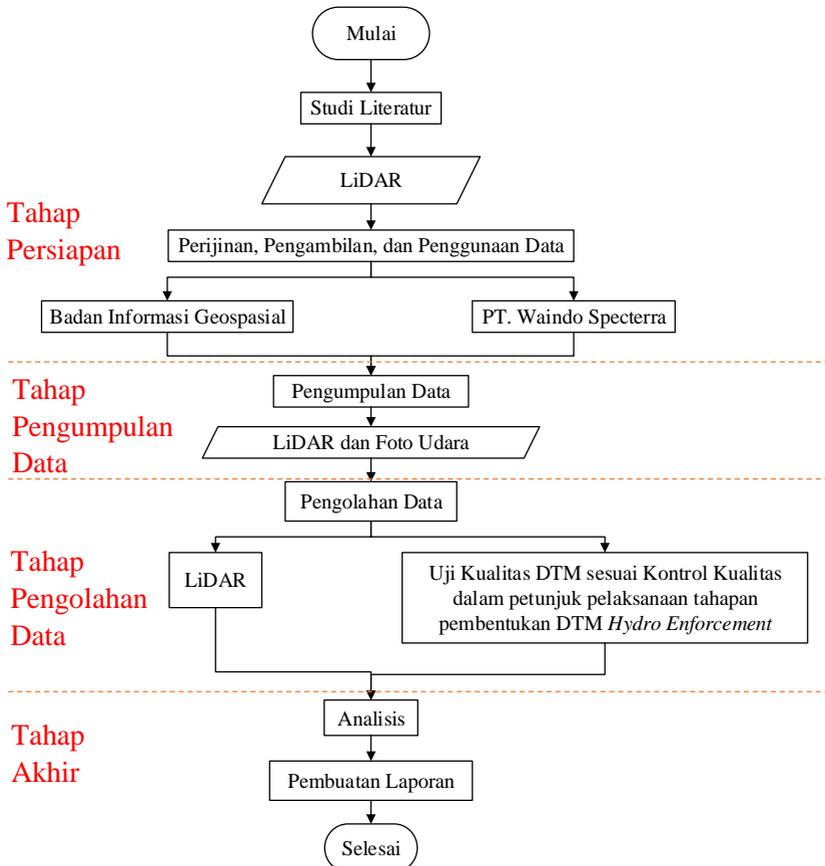
- b. Software pengolah angka

- c. Software pengolah data LiDAR

3.3 Metodologi

3.3.1 Tahap Penelitian

Diagram alir tugas akhir dapat dilihat pada halaman 28 berikut ini:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan dari diagram alir di atas adalah sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap yang terdiri dari studi literatur serta perijinan, pengambilan, dan penggunaan data. Penjelasan dari tahap persiapan adalah sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur meliputi kegiatan pencarian topik masalah, metode untuk pencarian masalah serta data yang akan digunakan. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan perumusan masalah. Berdasarkan penelitian ini, studi literatur yang menjadi pokok bahasan utama tentang LiDAR.

b. Perijinan, Pengambilan, dan Penggunaan Data

Pada tahap ini dilakukan proses perijinan untuk menggunakan data terkait tugas akhir dari Badan Informasi Geospasial dan PT. Waindo Specterra sebagai perusahaan penyedia data.

2. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data dilakukan kegiatan pengumpulan data yang digunakan untuk pengolahan data. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data LiDAR dan foto udara.

3. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan semua data yang dibutuhkan dalam tugas akhir. Pengolahan yang dilakukan meliputi pengolahan pembuatan DTM *hydro enforcement* menggunakan data LiDAR, dan uji kualitas DTM menggunakan kontrol kualitas berdasarkan petunjuk pelaksanaan tahapan pembentukan *Digital Terrain Model (DTM) hydro enforcement* dari Badan Informasi Geospasial. Tahap pengolahan data yang lebih jelas dijelaskan pada diagram alir pengolahan data.

4. Tahap Akhir

Pada tahap akhir ini meliputi analisis dari hasil pengolahan data yang dilakukan dan pembuatan laporan akhir. Penjelasan dari tahap akhir adalah sebagai berikut:

a. Analisis

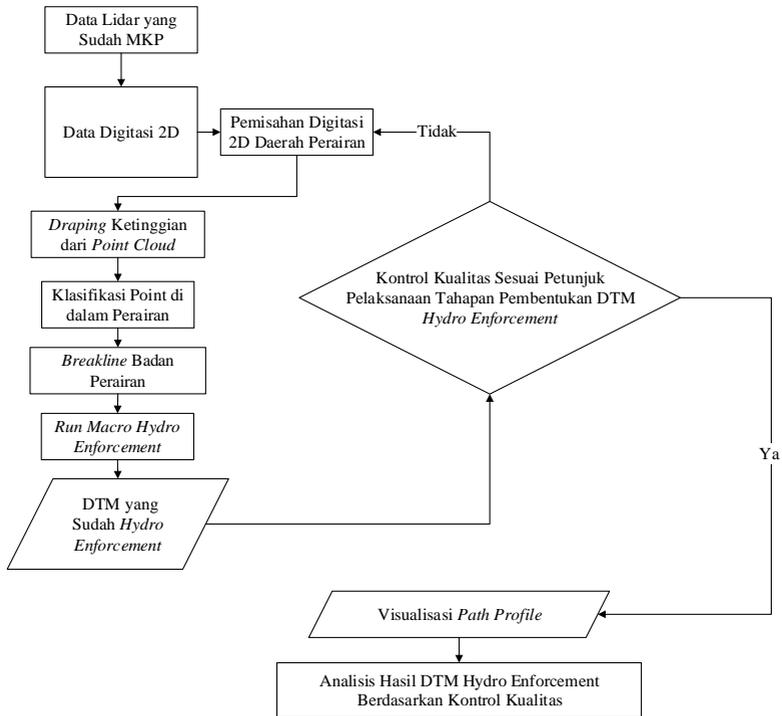
Tahap analisis merupakan tahap yang dilakukan setelah proses pengolahan data selesai dilakukan. Pada tahap ini dilakukan analisis proses pembuatan *DTM hydro enforcement*. Analisis tersebut berdasarkan pada kontrol kualitas (QC) *DTM hydro enforcement* yang diberikan BIG sesuai petunjuk pelaksanaan tahapan pembentukan *Digital Terrain Model (DTM) hydro enforcement*.

b. Pembuatan Laporan

Setelah semua proses dilakukan kemudian dilakukan pembuatan laporan tugas akhir.

3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data pada penelitian tugas akhir ini digambarkan pada halaman 34 sebagai berikut :



Gambar 3.3 Diagram alir pengolahan data

Penjelasan dari diagram alir pengolahan data adalah sebagai berikut:

Pengolahan data pada tugas akhir ini meliputi pengolahan data DTM dari LiDAR, serta uji kualitas DTM terhadap kontrol kualitas petunjuk pelaksanaan tahapan pembentukan DTM *hydro enforcement* dari Badan Informasi Geospasial.

1. Pengolahan Data LiDAR

a. *Input* data LiDAR

Data LiDAR yang dipakai sudah data *point cloud* LiDAR yang sudah MKP (*model key point*). MKP pada data LiDAR ini adalah 4 ppm (point per meter) sehingga setiap 4 *point cloud*

ground diwakili dengan 1 *point cloud ground* untuk kerapatan Lidar 4 ppm atau per 2 meter, sehingga besar ukuran file MKP akan lebih kecil dibandingkan dengan total *point cloud ground*. Dan data Digitasi 2D yang sudah melalui proses lulus kontrol kualitas (*quality control*) tahapan pembuatan topologi dan poligon yang disimpan dalam format *geodatabase* (*gdb*) dengan sistem koordinat UTM. Dan memastikan sistem referensi tinggi dari fitur dataset hipsografi sudah memakai EGM 2008 Geoid. Kemudian memisahkan digitasi hanya daerah perairan.

b. *Draping* ketinggian dari *point cloud*

Dalam *draping* ketinggian *point cloud* ini menjadi acuan untuk perairan tersebut akan mengalir. Dan perlu dilihat secara memanjang agar tidak salah dalam penentuan titik tinggi.

c. Klasifikasi *point* di dalam perairan

Mass point adalah titik tinggi pada permukaan tanah yang bukan termasuk *spotheight* (titik tinggi pada puncak gunung/bukit dan pada cekungan di permukaan tanah). Tidak ada *mass point* yang berada di dalam perairan. Dan perlu hati-hati terhadap *spike*. Selain menghilangkan *mass point* juga dilakukan tahapan menghilangkan *spike* pada data LiDAR. *Spike* adalah titik tinggi dengan nilai elevasi jauh di atas atau di bawah titik sekitarnya. Dalam klasifikasi *point* ini semua *point cloud* dalam perairan diklasifikasikan menjadi *low point* agar tidak mengganggu titik tinggi elevasi dari perairan tersebut.

d. *Breakline* badan perairan

Breakline ditambahkan dalam DTM yang telah diproses untuk membentuk terrain sesuai

dengan kondisi lapangan. Unsur *breakline* yang digunakan adalah unsur hidrografi sungai dua garis dan unsur air yang datar menempati ruang seperti rawa dan danau.

e. *Run macro hydro enforcement*

Run Macro pada perangkat lunak pengolahan LiDAR adalah proses akhir untuk pembuatan DTM dengan metode *Hydro enforcement*. Dengan mengklasifikasikan *point cloud* yang ada di perairan dari *ground point* ke *low point*. Kemudian memasukan *breakline* dari badan perairan tersebut.

f. Visualisasi *path profile*

Melihat arah aliran perairan dengan *path profile*. Dengan melihat secara memanjang atau melintang dapat mengetahui arah aliran sungai yang lebih baik setelah menggunakan metode *hydro enforcement*.

2. Uji Kualitas

a. Perbandingan kenampakan sebelum dan sesudah menggunakan metode *hydro enforcement*

Membandingkan kenampakan sebelum dan sesudah menggunakan metode *hydro enforcement* dapat melihat perbedaan, kelebihan dan kekurangan dari metode *hydro enforcement* dan dapat dijadikan referensi untuk penelitian kedepannya.

b. Kontrol kualitas tahap pembuatan *hydro enforcement*

Kontrol kualitas DTM *hydro enforcement* adalah salah satu cara menentukan kualitas DTM *hydro enforcement*. Penilaian kualitas DTM dinilai kualitas dan kuantitas, penjabarannya pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Penilaian Kualitas DTM

NO	Parameter Kontrol Kualitas
1	Tidak ada masspoint di dalam perairan.
2	Bentukan sesuai dengan <i>breakline</i> dan perairan
3	Kehalusan DTM konsisten dan tidak membentuk undakan
4	Tidak ada ketinggian dibawah 0 kecuali depresi atau cekungan
5	Cekungan (<i>depressions</i>) dan terasering dengan perbedaan tinggi lebih dari 1 m terbentuk
6	Tidak ada nilai ketinggian yang ekstrim (<i>spikes</i>)
7	Tubuh air mempunyai ketinggian yang sama.
8	DTM di sepanjang arah aliran air (sungai, alur) mengalir secara <i>smooth</i> .
9	Profil melintang DTM Halus dan logis
10	Kesesuaian dengan NLP (Nomor Lembar Peta) yang bersebelahan.

(Sumber: Badan Informasi Geospasial 2016)

c. Analisis

Langkah terakhir yang dilakukan adalah melakukan analisis pembuatan DTM *hydro enforcement* dengan membandingkan secara kualitas sebelum dan sesudah di lakukan proses *hydro enforcement* berdasarkan uji kontrol

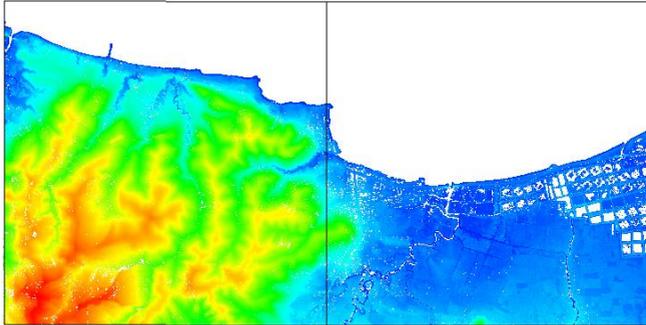
kualitas petunjuk pelaksanaan tahapan pembentukan *Digital Terrain Model* (DTM) *hydro enforcement*.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

4.1 Hasil

4.1.1 Data LiDAR

Tahap awal sebelum melakukan proses pengolahan data LiDAR menggunakan metode *hydro enforcement* untuk daerah perairan adalah menyiapkan data LiDAR yang telah di *Model Key Point* (MKP). Pembuatan *Model Key Point* (MKP) digunakan sebagai data masukan awal untuk melakukan klasifikasi point pada pemrosesan *hydro enforcement*. MKP adalah perwakilan *point cloud ground*. MKP dapat dibuat berdasarkan *sampling point* berdasarkan interval jarak atau jumlah *point*. Misal setiap 4 *point cloud ground* diwakili dengan 1 *point cloud ground* untuk kerapatan Lidar 4 ppm atau per 2 meter, sehingga besar ukuran file MKP akan lebih kecil dibandingkan dengan total *point cloud ground*. Dengan menggunakan data LiDAR dengan kerapatan 4 ppm, maka *intensity* yang dapat dibentuk dapat mencapai GSD 25 cm. Dan kemudian mendapatkan data LiDAR NLP 1109-2348B dan 1109-2349A sebagian daerah KEK Tanjung Lesung, Banten yang sudah terklasifikasi *ground point* dan MKP. Data ini nantinya akan digunakan sebagai data awal pengolahan DTM LiDAR menggunakan metode *hydro enforcement*. Hasil dari *point cloud* data LiDAR yang sudah di MKP seperti ditunjukkan dalam gambar di halaman berikutnya ini.



Gambar 4.1 NLP 1109-2348B dan 1109-2349A yang Telah di MKP dan Klasifikasi *Ground*

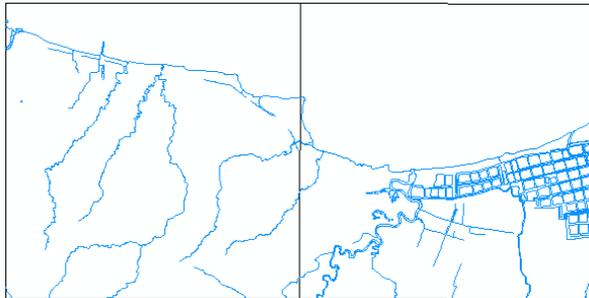


Gambar 4.2 Salam Satu Contoh *Point Cloud* Daerah Perairan

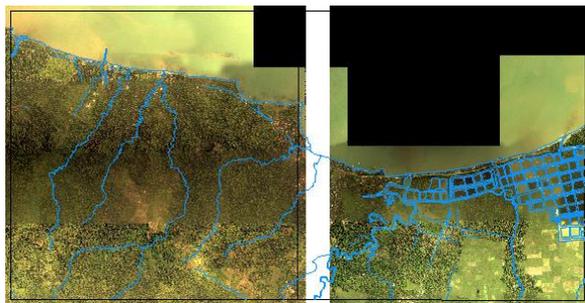
Terlihat dari bentuk sungai pada gambar diatas, masih banyak *mass point* yang terdapat di daerah perairan yang membuat bentuk topografi sungai tidak seperti sungai yang harusnya mengalir dari hulu ke hilir. *Mass point* dalam perairan harus di kosongkan atau dipindah klasifikasikan ke *low point* memakai *software* pengolahan data LiDAR.

4.1.2 Hasil Data Digitasi 2D

Data yang diperlukan selanjutnya adalah data digitasi 2D yang diperoleh dari digitasi hasil foto udara dan *intensity* LiDAR. Foto udara digunakan untuk mengetahui tipe penggunaan lahan sedangkan *intensity* digunakan untuk mengetahui lokasi-lokasi berair. Data digitasi 2D ini nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan *breakline* daerah perairan. Dan foto udara disini sebagai visualisasi melihat kondisi sebenarnya.



Gambar 4.3 Hasil Digitasi 2D daerah perairan



Gambar 4.4 Hasil Digitasi 2D Daerah Perairan *Overlay* dengan Data Foto Udara



Gambar 4.5 Digitasi 2D Daerah Perairan

Dan untuk melakukan metode *hydro enforcement* diperlukan parameter perairan atau kerangka acuan berdasarkan petunjuk pengolahan LiDAR dari Badan Informasi Geospasial sebagai berikut:

1. Sungai dengan lebar kurang dari 2,5 meter digambarkan menggunakan satu garis pada garis tengah sungai (*centerline*).
2. Sungai dengan lebar lebih dari atau sama dengan 2,5 meter di *plotting* dengan menggunakan dua garis, yaitu pada dua sisi tepi sungai. Garis tengah sungai ditempatkan di median badan sungai. Garis tengah sungai dan garis tepi sungai disimpan pada kode unsur yang berbeda.
3. Sungai harus terhubung satu sama lain dan membentuk jaringan, dalam hal ini garis tengah sungai harus terhubung satu sama lain (*snap*) dan membentuk jaringan, aliran sungai menggantung diperbolehkan pada daerah tertentu.
4. *Plotting* sungai dimulai dari arah hulu ke muara (tidak sebaliknya) sesuai dengan arah aliran

- sungai. Sungai utama harus satu segmen dari hulu ke muara.
5. Elevasi/Ketinggian pada garis tepi kiri dan kanan sungai harus memiliki nilai yang relatif sama
 6. *Plotting* sungai tidak lebih tinggi dari terrain sekitar
 7. Garis tepi perairan tergenang (danau, empang, tambak, dll) mempunyai elevasi yang sama pada setiap *verteks*. Jika perairan tergenang terhubung pada perairan yang mengalir maka elevasinya sesuai dengan elevasi perairan yang mengalir.

Dari hasil digitasi 2D dikategorikan kedalam sungai besar yang terlihat jelas kenampakan sungainya dan mempunyai lebar lebih dari 5 meter, sungai kecil yang terlihat dari data *intensity* LiDAR dan lebar sungainya tidak lebih dari 5 meter dan daerah perairan *flattern* yang dikategorinya airnya tidak mengalir sehingga memiliki ketinggian muka air 0 meter.

4.1.3 Hasil *Draping* Ketinggian dari *Point Cloud*

Draping adalah suatu kegiatan untuk mengetahui elevasi *point cloud* LiDAR tersebut sebagai acuan penentuan dari mana arah perairan itu mengalir dari hulu hingga ke hilir. *Draping* dilakukan di *point cloud* LiDAR yang mempunyai ketinggian. Dalam melakukan *draping* diperlukan ketelitian untuk menentukan titik tinggi muka air supaya dalam dapat menghasilkan DTM yang sesuai. Dalam menentukan ketinggian genangan, rawa, kolam, laut, pematang sawah dikategorikan perairan yang tidak mengalir, maka dari itu ketinggiannya di jadikan 0 meter karena tidak mengalir. Hasil *draping* ini digunakan sebagai acuan ketinggian untuk pembentukan *breakline* dalam pembuatan badan air.

Dari hasil digitasi 2D dihasilkan 21 sungai besar, 42 sungai kecil dan 4 daerah yang dianggap tergenang atau *flattern* maka elevasi muka airnya adalah 0 meter.

Tabel 4.1 Hasil *Draping* Sungai Besar

No	ID_Sungai	ELEVASI DRAPING	
		Z_Start (m)	Z_End (m)
1	Sungai 1	1,261	0,900
2	Sungai 2	1,150	1,085
3	Sungai 3	1,001	0,590
4	Sungai 4	0,970	0,916
5	Sungai 5	2,040	0,964
6	Sungai 6	0,999	0,980
7	Sungai 7	1,008	0,982
8	Sungai 8	1,060	0,925
9	Sungai 9	1,032	0,987
10	Sungai 10	0,945	0,945
11	Sungai 11	0,952	0,952
12	Sungai 12	0,952	0,952
13	Sungai 13	1,099	1,070
14	Sungai 14	1,185	1,060
15	Sungai 15	1,400	0,900
16	Sungai 16	1,100	1,096
17	Sungai 17	1,300	1,041
18	Sungai 18	1,097	1,097
19	Sungai 19	1,229	0,000
20	Sungai 20	1,234	1,223
21	Sungai 21	1,200	0,899

Tabel 4.2 Hasil *Draping* Sungai Kecil

No	ID_Sungai	ELEVASI <i>DRAPING</i>	
		Z_Start (m)	Z_End (m)
1	Sungai 22	4,202	1,923
2	Sungai 23	6,476	0,001
3	Sungai 24	3,339	1,332
4	Sungai 25	31,175	0,001
5	Sungai 26	6,616	1,453
6	Sungai 27	6,687	3,338
7	Sungai 28	30,220	22,824
8	Sungai 29	2,613	1,618
9	Sungai 30	47,287	0,001
10	Sungai 31	1,234	0,001
11	Sungai 32	23,258	1,234
12	Sungai 33	43,691	1,273
13	Sungai 34	46,841	16,948
14	Sungai 35	3,406	0,001
15	Sungai 36	2,618	2,120
16	Sungai 37	2,900	0,001
17	Sungai 38	5,125	2,635
18	Sungai 39	4,772	2,368
19	Sungai 40	5,171	0,876
20	Sungai 41	2,349	0,844
21	Sungai 42	38,045	1,229
22	Sungai 43	34,110	0,001
23	Sungai 44	34,407	4,531
24	Sungai 45	3,570	1,166
25	Sungai 46	1,073	1,200
26	Sungai 47	2,450	1,151

No	ID_Sungai	ELEVASI DRAPING	
		Z_Start (m)	Z_End (m)
27	Sungai 48	1,060	0,590
28	Sungai 49	1,470	0,661
29	Sungai 50	1,020	0,990
30	Sungai 51	1,000	1,000
31	Sungai 52	1,300	1,001
32	Sungai 53	1,330	1,089
33	Sungai 54	1,182	0,640
34	Sungai 55	1,170	1,004
35	Sungai 56	1,500	1,006
36	Sungai 57	1,280	1,060
37	Sungai 58	1,330	1,177
38	Sungai 59	1,210	1,060
39	Sungai 60	1,400	1,150
40	Sungai 61	1,700	1,150
41	Sungai 62	1,734	1,250
42	Sungai 63	1,520	1,377

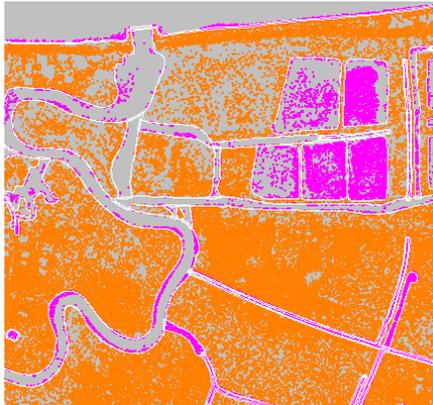
4.1.4 Hasil Klasifikasi *Point* dalam Perairan

Dari data yang diperoleh dari perusahaan PT. Waindo Specterra masih ditemukan adanya *point* yang terdapat di perairan. *Point* tersebut harus di klasifikasikan ke *low point* menggunakan *terra solid* sebagai *software* pengolahan data LiDAR. *Point cloud* akan diberi warna berbeda untuk masing-masing kelas sehingga lebih memudahkan untuk mengidentifikasi *point cloud* mana yang perairan dan mana yang *ground*. Klasifikasi *point* LiDAR dari *class default* ke *low point* untuk titik-titik yang berada didalam digitasi perairan.

Dari hasil klasifikasi tersebut terdapat 46.972 dari 3.644.766 *points* di NLP 1109-2348B.las dan terdapat 232.751 dari 3.009.222 *points* di NLP 1109-2349A.las yang berhasil diklasifikasikan ke dalam *low point*.



Gambar 4.6 Sebelum Klasifikasi dari *Ground Point* ke *Low Point*

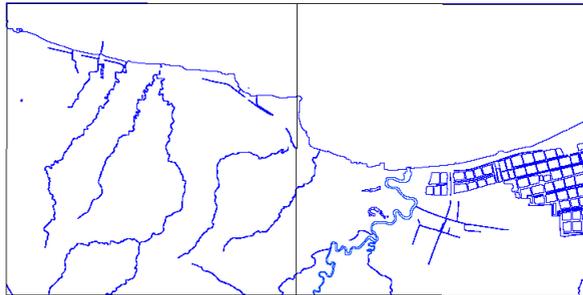


Gambar 4.7 Sesudah Klasifikasi dari *Ground Point* ke *Low Point*

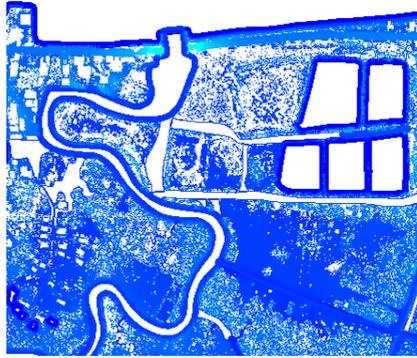
Sudah terlihat dari warna yang berbeda, untuk *ground* berwarna oranye dan untuk yang diklasifikasikan kedalam perairan berwarna ungu.

4.1.5 Hasil *Breakline* Badan Perairan

Dari hasil *draping* akan dilakukan pembuatan *breakline* untuk badan perairan, yaitu sungai besar, sungai kecil atau selokan. Pembuatan *breakline* mengikuti garis digitasi badan perairan. *Breakline* yang awalnya dalam format .shp dikonversi kedalam format .las dan kemudian diklasifikasikan ke *water* yang nantinya dapat dimasukan ke *software* pengolahan data LiDAR. Pada tahap *breakline* ini dimasukkan nilai elevasi awal dan akhir dari masing-masing sungai tersebut. Nilai elevasi tersebut menentukan arah aliran air sungai. Memiliki kerapatan antar titik dibadan airnya adalah 0.5 meter.



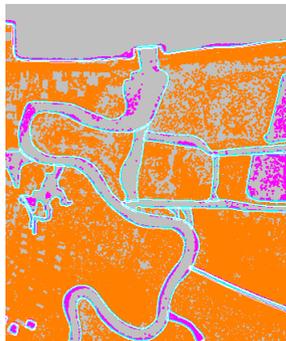
Gambar 4.8 Hasil *Breakline* Daerah Perairan



Gambar 4.9 Hasil *Breakline* Daerah Perairan dengan *Point Cloud* Sekitarnya

4.1.6 Hasil *Run Macro Hydro Enforcement*

Run macro hydro enforcement adalah salah satu tahapan untuk klasifikasi data LiDAR. Dengan parameter yang ditentukan, *macro* tersebut akan mengubah *point* yang di *inside shape* perairan menjadi *low point* dan menambahkan *point* perairan hasil *breakline* yang akan merepresentasikan muka perairan dapat dikenali dengan baik dalam pembentukan DTM.



Gambar 4.10 Hasil *Run Macro Hydro Enforcement*

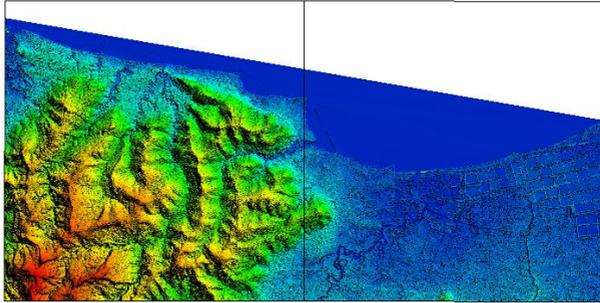
Ada tambahan warna pada gambar diatas, yaitu biru muda menandakan *breakline* perairan (klasifikasi *water*) sudah masuk bersama *point cloud* yang lain. Setelah itu jadikan *output* baru dengan format .las untuk melihat bentukan DTM setelah dilakukan *macro hydro enforcement*.



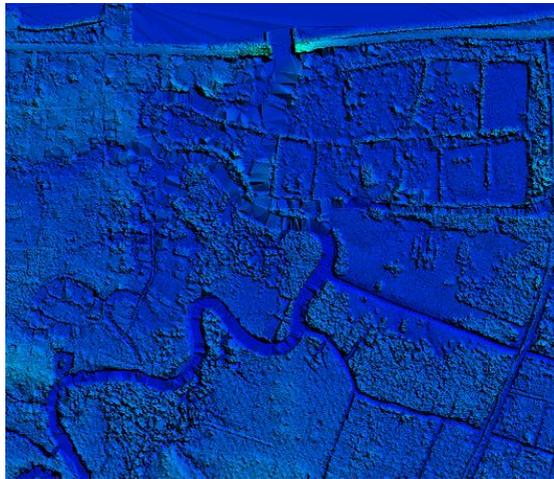
Gambar 4.11 Hasil *Run Macro Hydro Enforcement* Sudah Tidak Ada *Point Cloud* yang Berada di Daerah Perairan

4.1.7 Hasil Visualisasi *Path Profile*

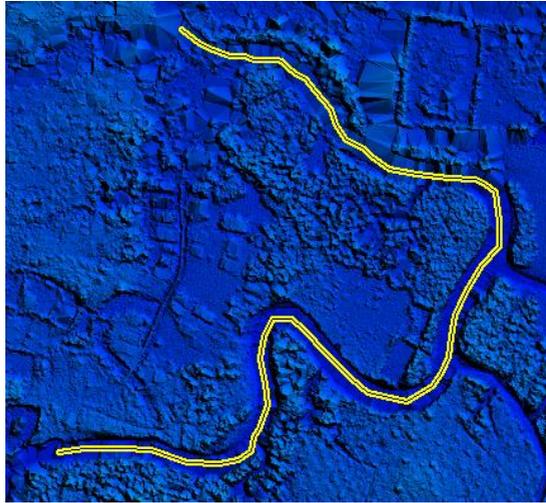
Path profile adalah salah satu *tool* untuk mengetahui tinggi permukaan perairan tersebut apakah sudah mengalir atau belum. Dan dapat mengetahui elevasi dari permukaan perairan tersebut. Sebelumnya hasil *output* dari setelah *macro* tadi buat *elevation grid* dengan metode triangulasi (*Grid TIN of Points*). Setelah terbentuk *Digital Terrain Model* (DTM) baru bisa digunakan *tool path profile* untuk mengetahui *profiling* secara melintang atau memanjang di daerah perairan.



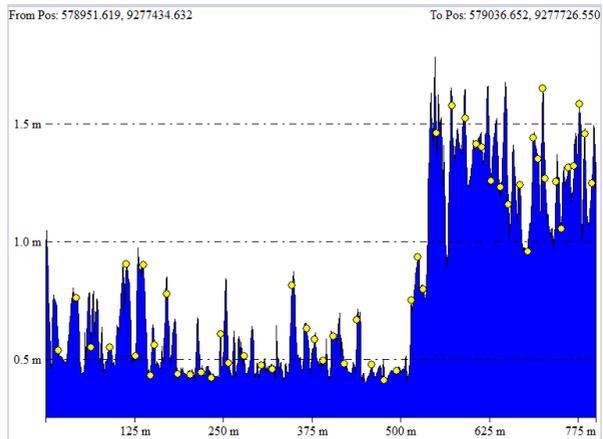
Gambar 4.12 Hasil DTM Sebelum Menggunakan Metode *Hydro Enforcement*



Gambar 4.13 Hasil Sebelum Pembentukan DTM Menggunakan Metode *Hydro Enforcement*

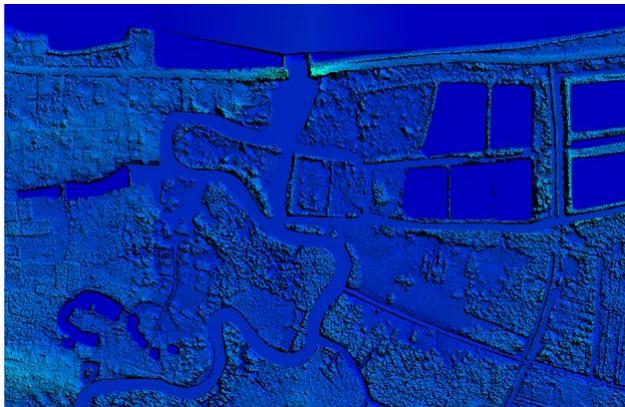


Gambar 4.14 Salah Satu Sungai yang Dijadikan Contoh *Path Profile* Sebelum Menggunakan Metode *Hydro Enforcement*



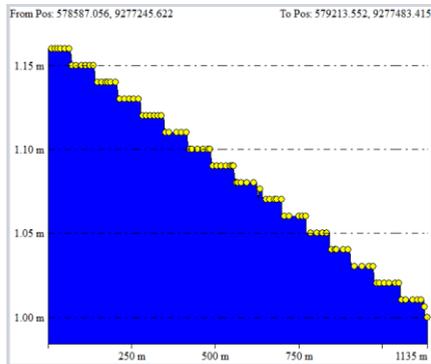
Gambar 4.15 Hasil *Path Profile* Sungai Sebelum Menggunakan Metode *Hydro Enforcement*

Dari *path profile* pada gambar diatas dapat disimpulkan jika secara memanjang mengikuti aliran sungai sebelum menggunakan metode *hydro enforcement* memiliki tinggi elevasi yang signifikan berubah dan dengan begitu tidak tahu arah aliran sungai tersebut kemana. Terjadi perbedaan tinggi yang sangat berbeda dan bisa dikatakan itu *noise* yang seharusnya dihilangkan. Dengan adanya metode *hydro enforcement*, sungai tersebut kenampakannya jadi seperti gambar dibawah ini.



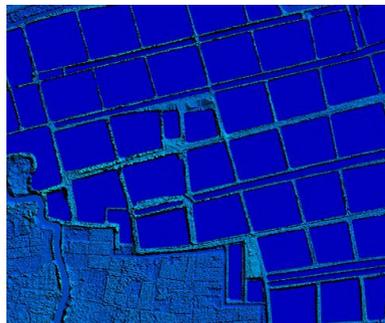
Gambar 4.16 Salah Satu Sungai yang Dijadikan Contoh *Path Profile* Setelah Menggunakan Metode *Hydro Enforcement*

Daerah perairan terlihat lebih halus dan dapat dikenali dengan baik. Metode *hydro enforcement* membantu untuk penyempurnaan topografi di bagian perairan yang paling mendekati sesuai dengan kenampakan sebenarnya.



Gambar 4.17 Hasil Path Profile Sungai Setelah Menggunakan Metode *Hydro Enforcement*

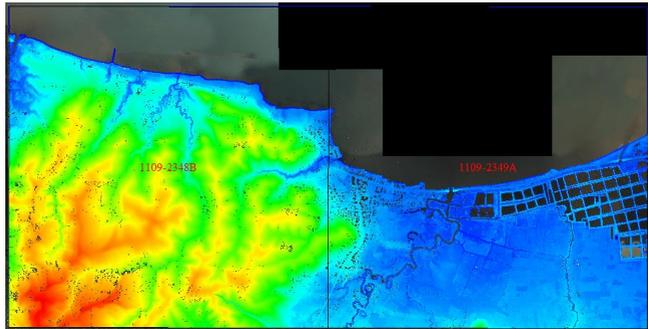
Pada hasil *path profile* setelah menggunakan metode *hydro enforcement* mengalami penurunan sungai yang mengalir dengan konstan dan mengetahui arah aliran air tersebut dilihat dari elevasinya. Dengan perbedaan 0,01 meter membuat aliran sungai mengalir secara halus. Dan ketinggian 0 meter berlaku pada tambak, kolam dan area lainnya yang tergenang.



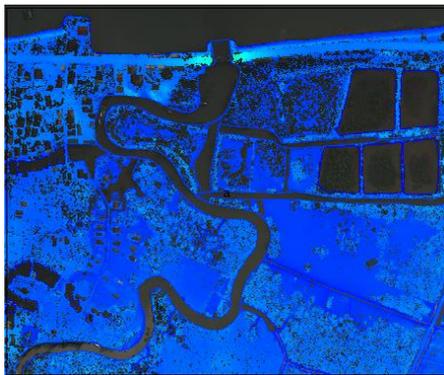
Gambar 4.18 Contoh Hasil Daerah yang elevasinya 0 Meter pada Area Tambak

4.1.8 Hasil *Overlay Data Points Cloud LiDAR dengan Foto Udara*

Pada daerah yang datar, ketika data foto udara *overlay* dengan *point cloud* LiDAR menghasilkan kesesuaian atau tidak memiliki perbedaan antara bentuk perairan yang di hasilkan oleh *points cloud* LiDAR dengan kenampakan pada foto udara.

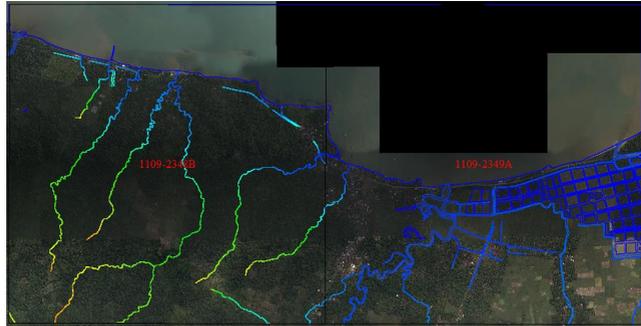


Gambar 4.19 *Overlay Points Cloud dengan Foto Udara*



Gambar 4.20 *Overlay Points Cloud dengan Foto Udara pada Daerah Datar*

Begitupun juga hasil dari pembuatan *breakline* hasil *draping* pada daerah yang datar menghasilkan kesesuaian atau tidak memiliki perbedaan antara bentuk perairan yang di hasilkan oleh *points cloud* LiDAR dengan kenampakan pada foto udara.



Gambar 4.21 *Overlay Breakline* dengan Foto Udara



Gambar 4.22 *Overlay Breakline* dengan Foto Udara pada Daerah Datar

Hasil pada dataran yang cukup tinggi menghasilkan *overlay breakline* yang tidak sesuai antara daerah perairan pada *breakline* dengan kenampakan pada foto udara, hal ini dikarenakan lebar

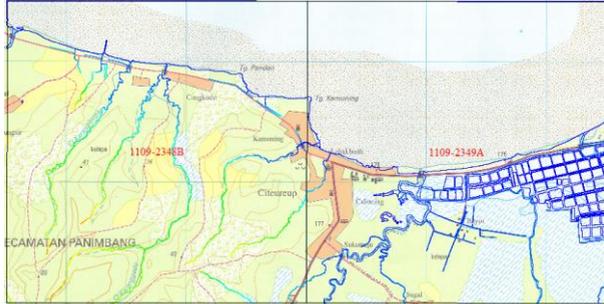
sungai yang kecil dan hasil foto udara tertutup oleh vegetasi pada daerah tersebut. Solusinya harus melihat hasil *intensity* LiDAR. Maka dari itu, hasil *overlay* antara foto udara dan LiDAR tidak memiliki pergeseran dan relatif sama.



Gambar 4.23 *Overlay Breakline* dengan Foto Udara pada Daerah Cukup Tinggi

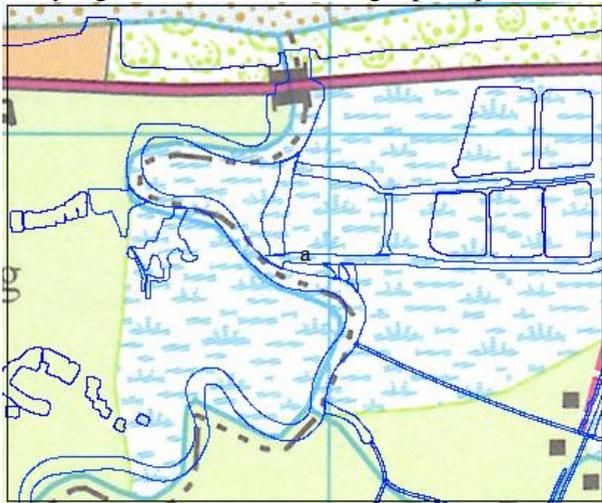
4.1.9 Hasil *Overlay Data Points Cloud* LiDAR dengan Peta RBI

Untuk melihat kesesuaian hasil LiDAR yang nantinya akan dijadikan peta RBI 1:5000 harus disesuaikan dengan peta Rupabumi Indonesia 1:25000 Lembar 1109-234 Cigeulis. Peta Cigeulis ini diterbitkan pada tahun 1998. Secara keseluruhan, hasil *overlay breakline* dengan peta RBI skala 1:25000 mengalami pergeseran dari bentuk sungai dan perbedaan yang awalnya bukan daerah perairan, sekarang pada data hasil *breakline* LiDAR menjadi daerah perairan. Pergeseran dan Perbedaan tersebut salah satunya di pengaruhi dari tahun pembuatan yang berbeda yaitu hasil akuisisi LiDAR tahun 2017 dengan pembuatan peta RBI tahun 1998.

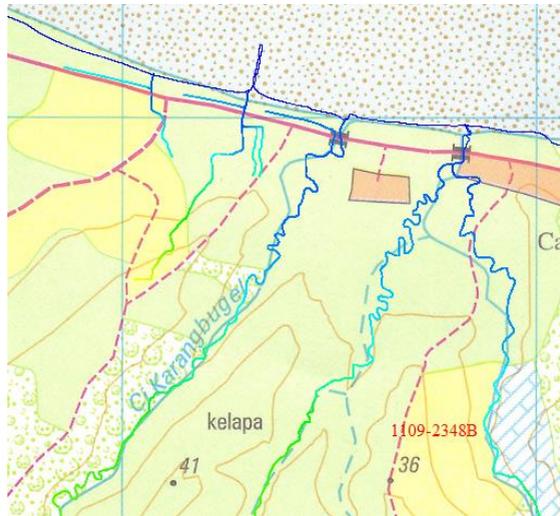


Gambar 4.24 *Overlay Breakline* dengan Peta RBI

Pada peta RBI keterangannya daerah tersebut adalah rawa, tetapi pada hasil LiDAR ada sungai juga pada daerah tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 4.25 yang berwarna biru tua merupakan *breakline* LiDAR dan yang biru muda adalah sungai pada peta RBI.



Gambar 4.25 *Overlay Breakline* dengan Peta RBI pada Daerah Datar



Gambar 4.26 *Overlay Breakline* dengan Peta RBI pada Daerah Cukup Tinggi

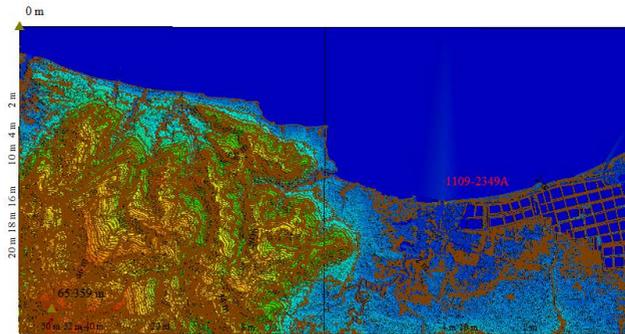
Pada daerah sawah-sawah (perairan), hasil *breakline* LiDAR lebih detail dibandingkan pada peta RBI yang mengelompokkannya menjadi satu area besar.



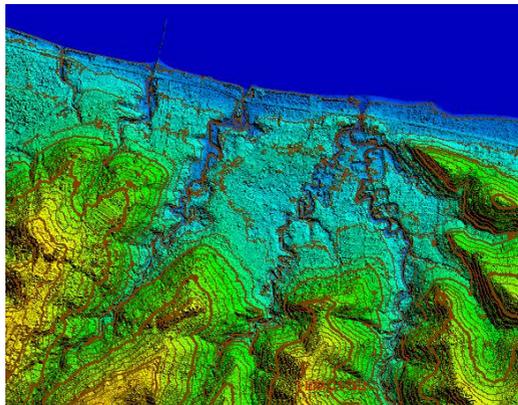
Gambar 4.27 *Overlay Breakline* dengan Peta RBI pada Daerah Sawah

4.1.10 Hasil Kontur Data *Points Cloud* LiDAR

Pembuatan kontur dari data LiDAR dilakukan dengan cara buka data DTM hasil pengolahan terakhir. Gambar 4.28 menunjukkan hasil dari pembuatan kontur data LiDAR.



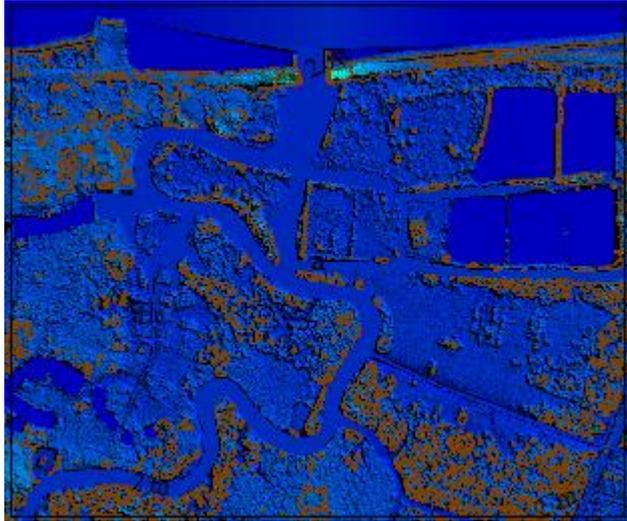
Gambar 4.28 Kontur LiDAR



Gambar 4.29 Kontur LiDAR pada Daerah yang Tidak Datar

Kontur hasil dari data LiDAR merupakan kontur yang tergantung pada hasil pengolahan DTM.

Ketinggian kontur tersebut juga sama dengan ketinggian yang dihasilkan pada data DTM. Apabila dilihat kontur yang dihasilkan, kontur yang dihasilkan lebih rapi. Dan data daerah datar tidak memiliki perbedaan ketinggian sehingga kontur yang dihasilkan terlihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Kontur LiDAR pada Daerah Datar

4.2. Analisis

4.2.1 Analisis Data Digitasi 2D

Pada data digitasi 2D yang didapatkan ternyata pada kenampakan di data foto udara ada yang tidak sesuai jika itu benar benar daerah perairan. Hal ini membuat interpretasi menjadi sulit untuk menganalisis *point cloud* tersebut untuk di klasifikasikan ke *low point*. Disini mungkin digitasinya dibantu dengan hasil data *intensity* LiDAR yang membuat kenampakan perairan terlihat jelas.



Gambar 4.31 Contoh Digitasi Perairan yang Tidak Sesuai

4.2.2 Analisis Kontrol Kualitas DTM

Ada 10 parameter untuk uji kualitas DTM dalam petunjuk pelaksanaan tahapan pembentukan *Digital Terrain Model (DTM) hydro enforcement* salah satu tahapan dalam pembuatan peta Rupabumi Indonesia daerah KEK Tanjung Lesung skala 1:5000, sebagai berikut:

4.2.2.1 Tidak Ada *Masspoint* di Dalam Perairan

Point cloud akan diberi warna berbeda untuk masing-masing kelas sehingga lebih memudahkan untuk mengidentifikasi *point cloud* mana yang perairan dan mana yang ground. Klasifikasi point LiDAR dari *class default* ke *low point* untuk titik-titik yang berada didalam digitasi perairan. Dari hasil klasifikasi tersebut terdapat 46.972 dari 3.644.766 *points* di NLP 1109-2348B.las dan

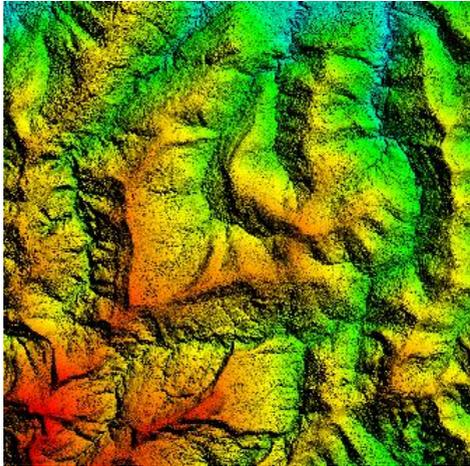
terdapat 232.751 dari 3.009.222 *points* di NLP 1109-2349A.las yang berhasil diklasifikasikan ke dalam *low point*. Dan sekarang *mass point* dalam perairan sudah tidak ada lagi seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.32 Tidak Ada *Mass Point* di Dalam Perairan

4.2.2.2 Bentuk Sesuai dengan *Breakline* dan Perairan

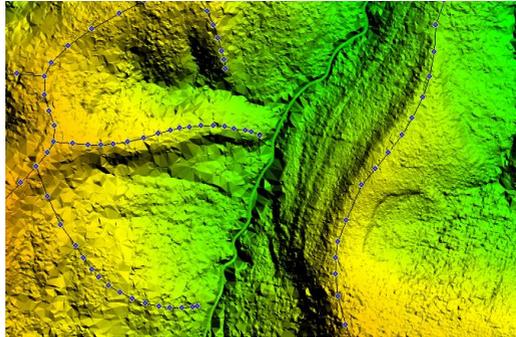
Melakukan pemeriksaan secara visual dengan memastikan nilai ketinggian terrain memiliki bentuk yang sesuai dengan *breakline* dan perairan. Sebagai salah satu contoh akan di visualisasikan pada daerah punggung bukit yang memiliki sungai. *Breakline* pada punggung berguna untuk pembuatan memperbagus kontur dalam data LiDAR. Dengan adanya *breakline* dapat mengetahui batasan kontur dengan jelas dan tegas. Dari penelitian yang sudah ada, kontur LiDAR lebih rapat dan kompleks dibandingkan dengan foto udara.



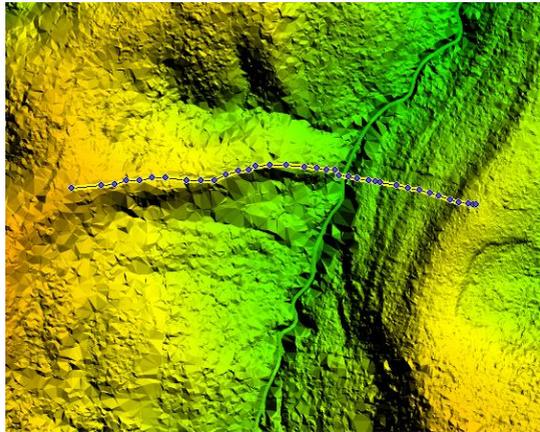
Gambar 4.33 Kenampakan Bentuk Sesuai dengan *Breakline* dan Perairan

4.2.2.3 Kehalusan DTM Konsisten dan Tidak Membentuk Undakan

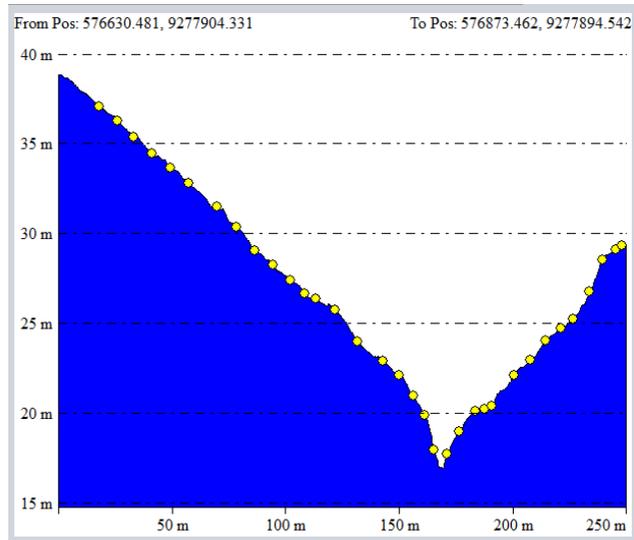
Terlihat dalam visualisasi *path profile* pada punggung yang diberi *breakline* memiliki elevasi yang teratur dan tidak terjadi ketinggian *gap* yang signifikan dalam titik tersebut. Dan untuk salah satu contoh punggung sebelah kiri yang diberi *breakline* tersebut memiliki elevasi 40 meter dan pada sungai elevasinya 17 meter. Dan contoh lain yang biasanya akan membentuk undakan misalkan semak-semak tidak boleh dianggap *ground*, harusnya di klasifikasikan ke *low vegetation*, maka dari itu harus konsisten dalam klasifikasi dan menghindari terjadinya undakan yang tidak sesuai. Dan biasanya daerah semak-semak terdapat di dekat bukit.



Gambar 4.34 *Breakline* Punggungan dan menuju ke Sungai



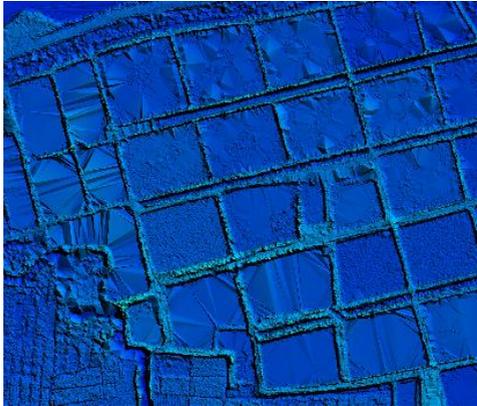
Gambar 4.35 Letak Visualisasi *Path Profile* Di Punggungan dan menuju ke Sungai



Gambar 4.36 *Path Profile* di Punggungan dan menuju ke Sungai

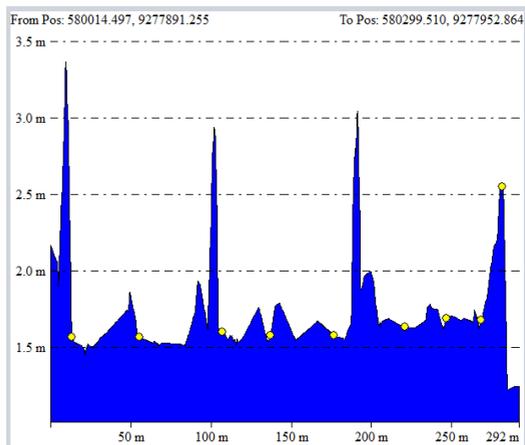
4.2.2.4 Tidak Ada Ketinggian di Bawah 0 Meter Kecuali Depresi atau Cekungan

Dari hasil pengolahan data LiDAR untuk membentuk DTM daerah perairan dengan metode *hydro enforcement* ada suatu kerangka acuan bahwa untuk rawa, tambak, kolam, laut, dan wilayah yang dianggap tidak mengalir elevasinya dijadikan 0 meter. Dari aplikasi dari metode *hydro enforcement* ini data daerah perairan tersebut terlihat lebih baik dari sebelum menggunakan metode tersebut.

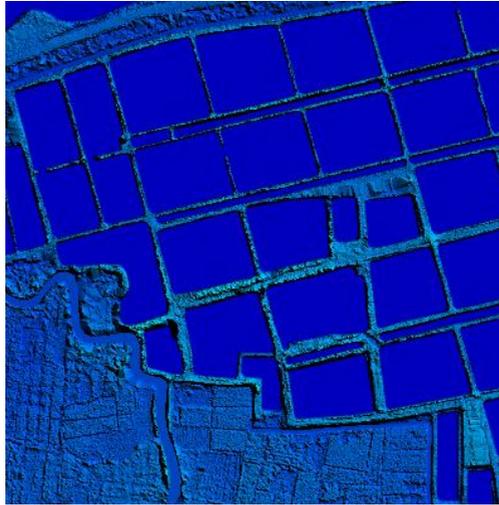


Gambar 4.37 Daerah Elevasi 0 Meter Sebelum dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

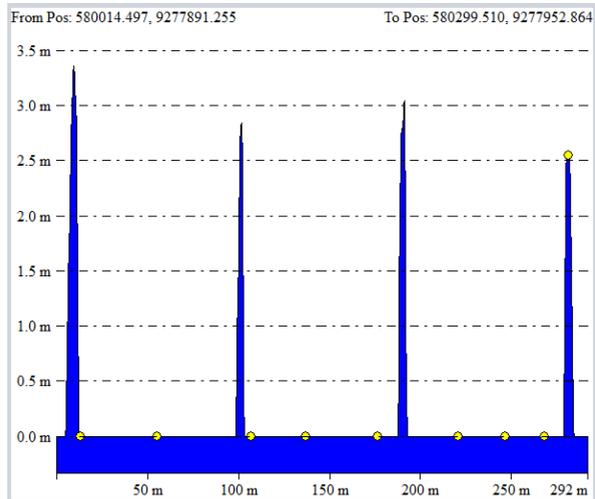
Pada daerah perairan yang tergenang, sebelum di lakukan metode *hydro enforcement* akan terlihat banyak undakan dan tidak rata secara visualisasi pada gambar di atas.



Gambar 4.38 *Path Profile* Daerah Elevasi 0 Meter Sebelum Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*



Gambar 4.39 Daerah Elevasi 0 Meter Setelah Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*



Gambar 4.40 Daerah Elevasi 0 Meter setelah Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

4.2.2.5 Cekungan (*Depressions*) dan Terasering dengan Perbedaan Tinggi Lebih dari 1 Meter Terbentuk

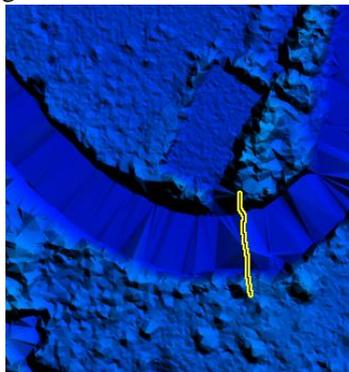
Dalam data yang digunakan tidak terdapat cekungan (*depressions*) dan terasering, maka dari itu tidak dapat di analisis, karena hanya memiliki data yang tidak kompleks dan hanya 2 Nomer Lembar Peta (NLP).

4.2.2.6 Tidak Ada Nilai Ketinggian yang Ekstrim (*Spikes*)

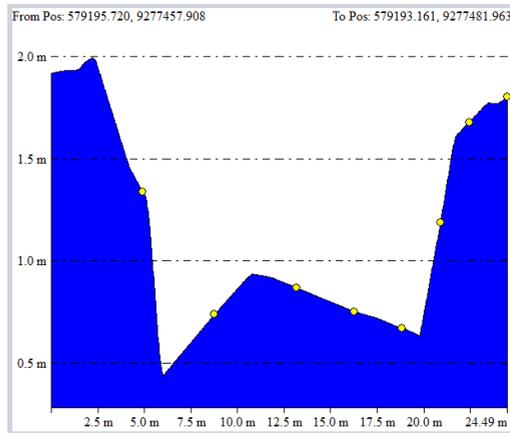
Dalam data yang didapatkan tidak ada nilai ketinggian yang ekstrim (*spikes*), karena menurut pemberi data, data ini sudah melalui penghapusan ketinggian yang ekstrim (*spikes*).

4.2.2.7 Tubuh Air Mempunyai Ketinggian yang Sama

Pada parameter ini dapat dilihat dari *profiling* secara melintang yang mengenai badan sungai yang dicek menggunakan *path profile*. Saat data awal secara melintang masih terdapat undakan pada as sungai, terlihat pada gambar dibawah ini.

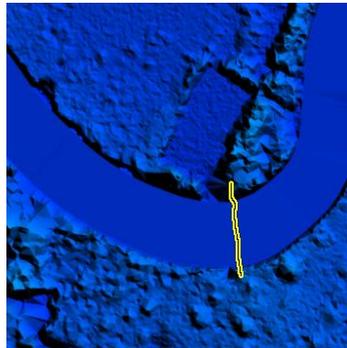


Gambar 4.41 Lokasi *Path Profile* Badan Sungai Sebelum Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

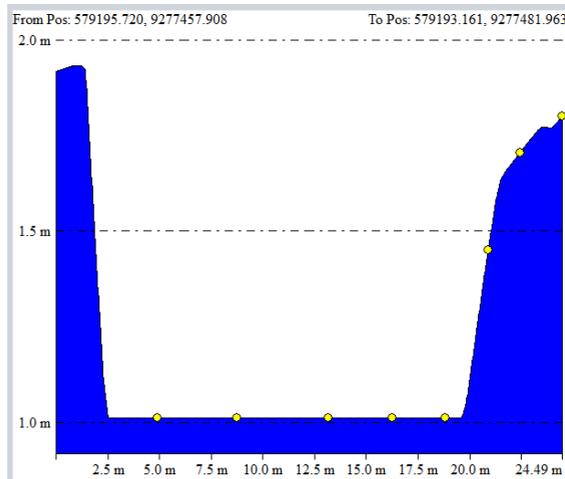


Gambar 4.42 Hasil *Path Profile* Badan Sungai Sebelum dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

Pada gambar di atas terlihat jelas ada undakan dibagian as sungai akibat *point* yang bias. Dengan dilakukannya metode *hydro enforcement* maka permukaan air tersebut akan terlihat datar jika di lihat melintang dan memiliki badan sungai yang relatif sama antara kanan dan kiri.



Gambar 4.43 Lokasi *Path Profile* Badan Sungai Setelah Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

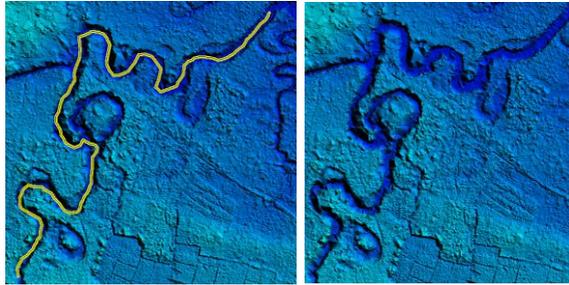


Gambar 4.44 Hasil *Path Profile* Badan Sungai Sebelum Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

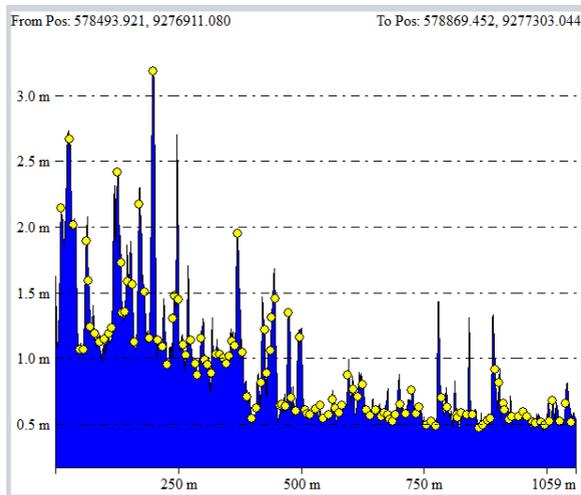
4.2.2.8 DTM di Sepanjang Arah Aliran Air (Sungai, Alur) Mengalir Secara *Smooth*

DTM di sepanjang arah aliran air (sungai, alur) mengalir secara *smooth* ini adalah fokus dalam pengerjaan metode *hydro enforcement*. Melakukan pemeriksaan di sepanjang arah aliran air (sungai, alur) secara visual dan menggunakan *path profile*, dimana nilai elevasi *vertex* aliran air (sungai, alur) dipastikan turun secara konsisten dari hulu ke hilir secara *smooth*.

Pada data sebelum yang masih banyak *noise* harus di *draping* sesuai ketinggian dari aliran hulu sungai hingga ke hilir. Dapat dilihat pada gambar 4.32 bahwa bentuk sungai sudah jelas, tetapi jika dilihat secara *path profile* sungai tersebut terdapat banyak *point noise* yang menyebabkan elevasi *terrain* permukaan sungai tersebut naik turun.

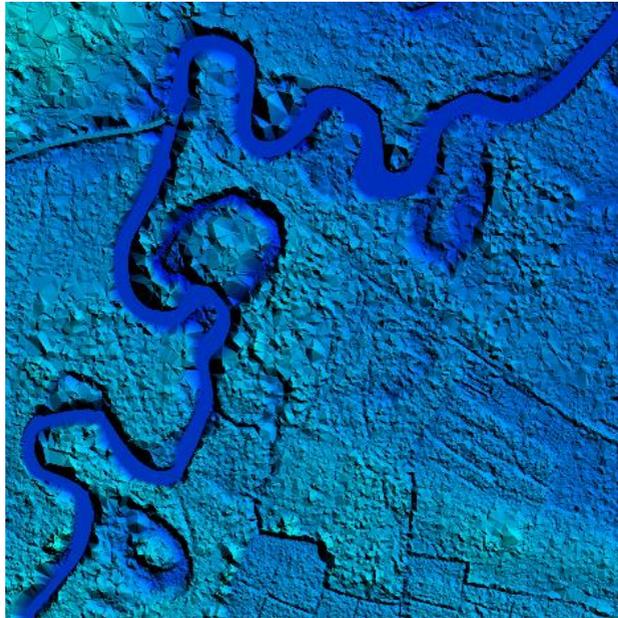
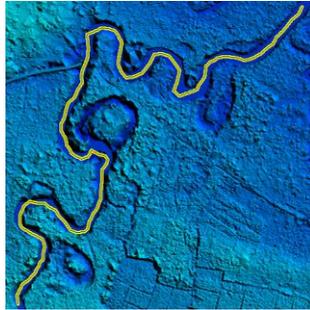


Gambar 4.45 Contoh Salah Satu Sungai Sebelum Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*



Gambar 4.46 Hasil *Path Profile* Aliran Sungai Sebelum Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

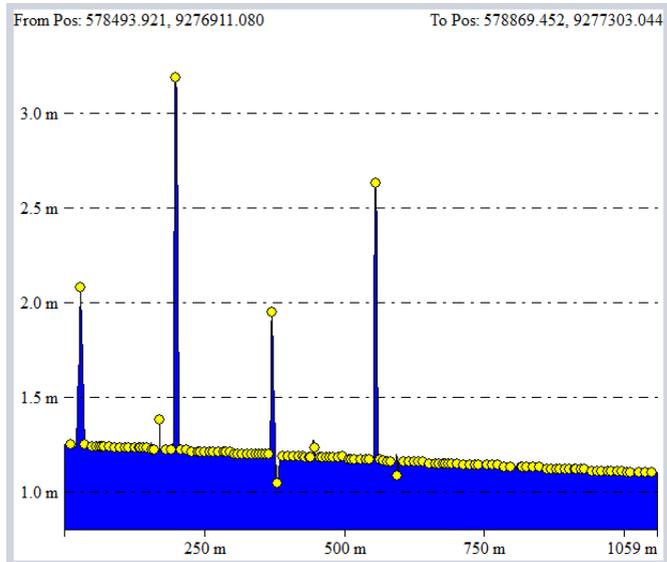
Masih terdapat banyak point yang elevasinya menjulang tinggi hingga lebih dari 3 meter dan *point cloud* tersebut adalah efek dari penggunaan sinar infrared dari sensor LiDAR sendiri yang akan terbiaskan jika mengenai air.



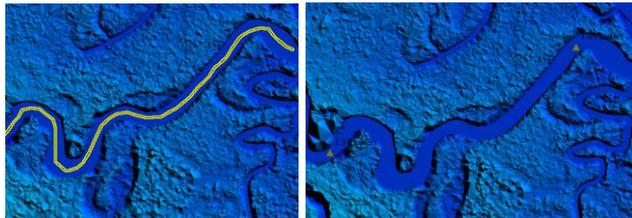
Gambar 4.47 Contoh Salah Satu Sungai Setelah Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

Setelah dilakukan metode *hydro enforcement* sungai pada gambar diatas terlihat lebih halus, dan jika dilihat secara *path profile* akan seperti dibawah ini.

Tetapi masih ada 1 titik yang menjulang tinggi itu dikarenakan adanya pertemuan antar 2 sungai yang memiliki elevasi yang beda. Namun, sampai sejauh ini, kenampakan sungai tersebut sudah lolos uji kualitas DTM yang baik.

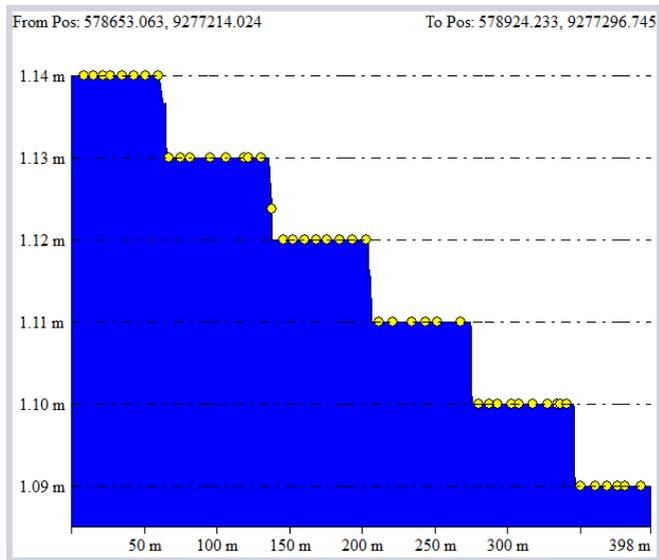


Gambar 4.48 Hasil *Path Profile* Aliran Sungai Setelah Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*



Gambar 4.49 Contoh Salah Satu Penggalan Sungai Setelah Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

Ketika mencoba memotong lebih pendek sungai tersebut untuk dilakukan *path profile*, agar lebih jelas didapatkan bahwa dengan adanya metode *hydro enforcement* secara membuat DTM daerah perairan menjadi halus sesuai arah aliran sungai, metode tersebut juga membuat perbedaan tinggi tiap titik relatif sama, dapat dilihat pada gambar hasil *path profile* dibawah ini, sungai tersebut akan turun setiap 0,01 meter atau 1 cm. itu adalah aliran sungai yang sangat detail dikarenakan kerapatan titik di badan sungai tiap titik 0,5 meter.

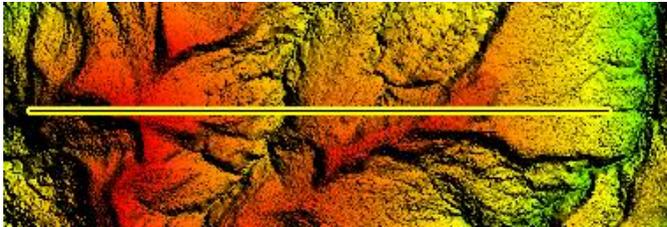


Gambar 4.50 Hasil *Path Profile* Aliran Sungai Lebih Detail

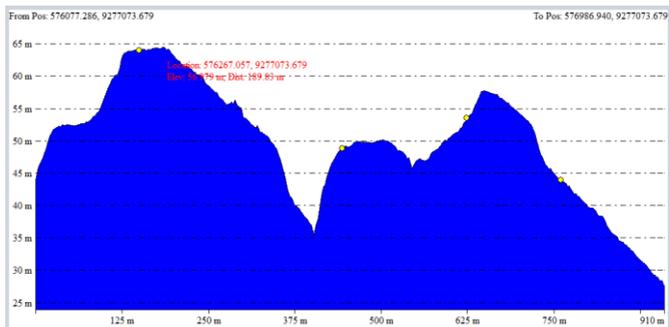
4.2.2.9 Profil Melintang DTM Halus dan Logis

Dalam uji kualitas profil melintang DTM halus dan logis, akan dicoba pada daerah yang berbukit dan daerah sawah. Pada gambar dibawah ini terlihat

kenampakan secara melintang pada punggung bukit terlihat halus dan logis, secara elevasi juga terlihat jika punggung lebih tinggi dibanding lembah maupun sungai yang mengalir.

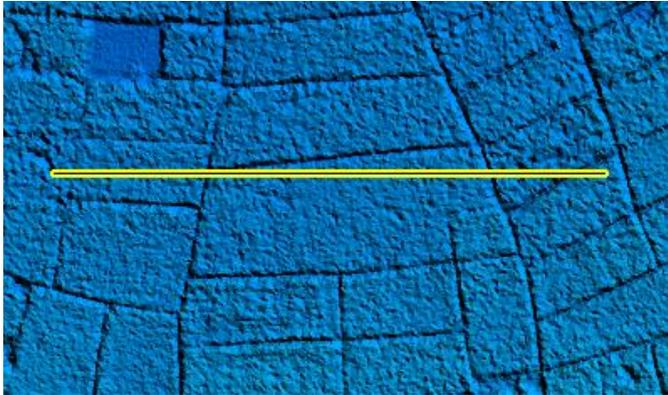


Gambar 4.51 Lokasi *Path Profile* Pada Punggung Bukit

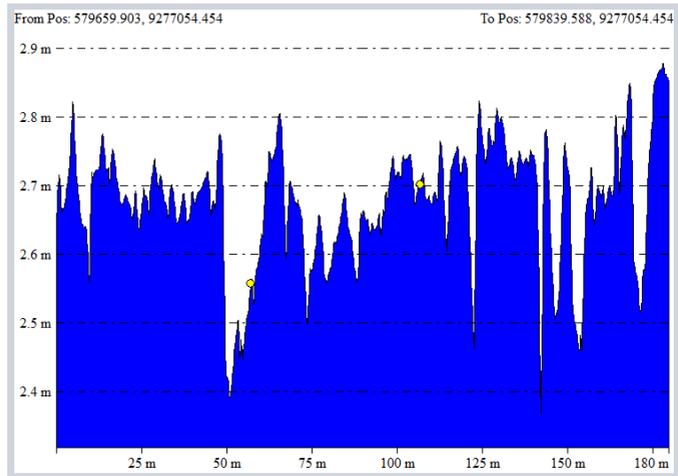


Gambar 4.52 Hasil *Path Profile* Pada Punggung Bukit

Untuk *profile* melintang pada sawah terlihat ketinggian yang agar berbeda, karena memang kontur sawah yang tidak datar.



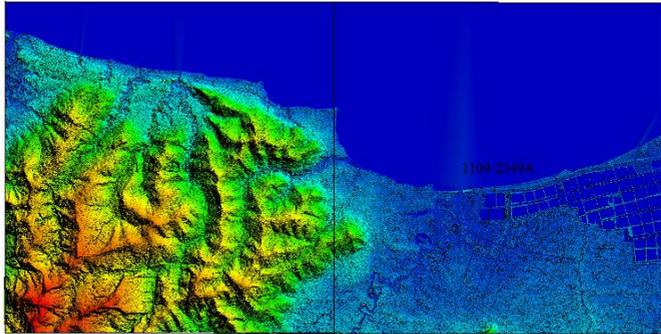
Gambar 4.53 Hasil *Path Profile* Badan Sungai Sebelum Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*



Gambar 4.54 Hasil *Path Profile* Badan Sungai Sebelum Dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

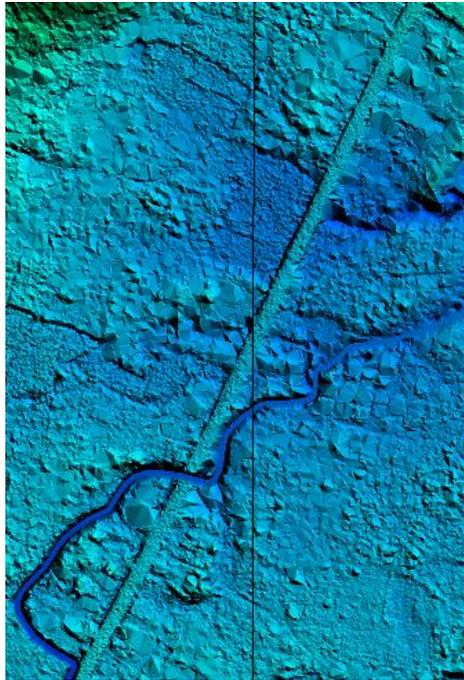
4.2.2.10 Kesesuaian dengan NLP (Nomor Lembar Peta) yang Bersebelahan

Melakukan pemeriksaan kesesuaian DTM antar NLP (Nomor Lembar Peta) yang bersebelahan, agar dihasilkan DTM yang menyambung dengan mulus.



Gambar 4.55 Hasil DTM Setelah dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

Saat dilihat lebih detail yang menyangkut obyek daratan dan perairan yaitu sungai, pertemuan antar NLP ini tidak terjadi perbedaan dan terlihat menyambung. Dapat dilihat pada gambar 4.44, pada sungai tidak terlihat adanya patahan begitupun dengan daerah daratan.



Gambar 4.56 Hasil DTM yang bersebelahan setelah dilakukan Metode *Hydro Enforcement*

Tabel 4.3 Hasil Uji Kualitas DTM

Penilaian Kualitas DTM	Sesuai	Tidak	Nihil
Tidak ada <i>masspoint</i> di dalam perairan	✓		
bentukan sesuai dengan <i>breakline</i> dan perairan	✓		
Kehalusan DTM konsisten dan tidak membentuk undakan	✓		

Penilaian Kualitas DTM	Sesuai	Tidak	Nihil
Tidak ada ketinggian dibawah 0 kecuali depresi atau cekungan	✓		
Cekungan (<i>depressions</i>) dan terasering dengan perbedaan tinggi lebih dari 1 m terbentuk			✓
Tidak ada nilai ketinggian yang ekstrim (<i>spikes</i>)			✓
Tubuh air mempunyai ketinggian sama	✓		
DTM di sepanjang arah aliran air (sungai, alur) mengalir secara <i>smooth</i>	✓		
Profil melintang DTM halus dan logis	✓		
Kesesuaian dengan NLP yang bersebelahan (topografi, kehalusan)	✓		

Dari 10 parameter uji kualitas DTM, terdapat 8 yang sesuai dan 2 yang tidak ada di daerah penelitian.

4.2.3 Analisis Proses Metode *Hydro Enforcement*

Dari mulai proses *draping*, membuat jadi *flattern* atau mengkosongan *mass point* yang berada di daerah perairan kemudian pembuatan *breakline* untuk badan sungai pada tahapan pembuatan DTM dengan menggunakan metode *hydro enforcement* ini dapat dikatakan sesuai interpretasi masing-masing operator yang mengolah. Dan kesalahan *draping* dapat membuat

ketidaksesuaian terhadap badan perairan/sungai tersebut terlihat berbeda jika sudah dijadikan DTM. Proses metode *hydro enforcement* ini hanya dapat diuji sesuai kualitas DTM nya menurut petunjuk pelaksanaan yang diberika oleh Badan Informasi Geospasial.

Dengan keadaan antara titik pada *breakline* badan sungai yang sangat rapat, membuat permukaan sungai atau perairan yang lainnya terlihat detail arah aliran airnya dan mengalami penurunan elevasi yang relatif sama. Secara kualitas, kelebihan hasil DTM dengan metode *hydro enforcement* ini sangat memberikan visualisasi yang baik dalam hal perencanaan infrakstruktur daerah KEK Tanjung Lesung dalam menata daerah, pembuatan irigasi, pintu air dan memberikan detail yang baik untuk pembuatan unsur hipsografi dalam Peta RBI skala 1:5000. Tetapi, secara kuantitas nilai elevasi pada badan sungai tidak dapat dijadikan referensi yang akurat. Maka dari itu, metode *hydro enforcement* hanya baik secara kualitas.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dibuat *Digital Terrain Model* (DTM) pada daerah KEK Tanjung Lesung, Provinsi Banten NLP 1109-2348B dan 1109-2349A dari data LiDAR dengan metode *hydro enforcement* yang terdiri dari 21 sungai besar, 42 sungai kecil dan 4 daerah genangan.
2. Hasil uji kualitas DTM menunjukkan, dari 10 parameter kontrol kualitas petunjuk pelaksanaan metode *hydro enforcement*, terdapat 8 parameter yang sesuai dengan kualitas parameter yang ada, 2 parameter tidak sesuai karena memang tidak ada pada daerah yang dianalisis untuk parameter itu, yaitu cekungan (*depressions*) dan terasering dengan perbedaan tinggi lebih dari 1 meter terbentuk serta tidak ada nilai ketinggian yang ekstrim (*spikes*). Secara kualitas, kelebihan hasil DTM dengan metode *hydro enforcement* ini memberikan visualisasi yang baik berdasarkan uji kualitas DTM yang sesuai dan detail *terrain* yang jelas dalam resolusi tinggi untuk perencanaan infrastruktur daerah KEK Tanjung Lesung dalam menata daerah, pembuatan irigasi, pintu air dan memberikan detail yang baik dan jelas untuk pembuatan unsur hipsografi dalam Peta RBI skala 1:5000. Namun, metode *hydro enforcement* ini masih terdapat kekurangan dari akurasi, karena uji kuantitasnya hanya saat *post processing* data LiDAR sebelum masuk proses klasifikasi manual data LiDAR.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan terkait penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses metode *hydro enforcement* membutuhkan tingkat ketelitian dan hati-hati yang tinggi dikarenakan hasil dari *draping* elevasi *terrain* sangat tergantung pada operator.
2. Kedepannya Badan Informasi Geospasial dapat membuat peraturan lebih lanjut mengenai uji akurasi terhadap pengolahan data LiDAR.
3. Harus ada uji akurasi lapangan di beberapa titik sampel badan perairan supaya dapat dibuktikan secara langsung elevasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. “*Digital Elevation Models*”
<http://www.charim.net/datamanagement/32>. Dikunjungi
pada tanggal 21 Januari 2018, jam 07.00.
- Arfaini, J., (2016). Pembuatan DEM (*Digital Elevation Model*)
Menggunakan Metode Tin, IDW, dan Kriging dari Data Foto
Udara. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Atunggal, Dedi, 2010, “Penggambaran Kontur Secara Digital”,
Bahan ajar survei digital, Jurusan Teknik Geodesi UGM,
Yogyakarta.
- Badan Informasi Geospasial. (2016). Petunjuk Pelaksanaan
Tahapan *Hydro Enforcement*. Pusat Pemetaan Rupabumi dan
Toponim.
- Badan Informasi Geospasial. (2017). Petunjuk Pelaksanaan
Tahapan Pengolahan Data LiDAR. Pusat Pemetaan
Rupabumi dan Toponim.
- Badan Informasi Geospasial. (2017). Kerangka Acuan Kerja
Pembuatan Unsur Peta Rupabumi Indonesia Skala 1:5000.
Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponim.
- Baltsavias, E., 1999. *Airborne laser scanning: existing systems
and firms and other resources*. *ISPRS Journal of
Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol.54 (2-3), hal 164-
198.
- Bhargava, N., Bhargava, R., Tanwar, P.S. (2013). *Triangulated
Irregular Network Model from Mass point*. *International
Journal of Advanced Computer Research*, Vol. 3 No. 2.
- Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus Republik
Indonesia. 2018. KEK Tanjung Lesung. <URL:
<http://kek.go.id/kawasan/Tanjung-Lesung1>>. Dikunjungi
pada tanggal 21 Januari 2018, jam 09.00.
- Djurdjani, 1999, Model Permukaan Digital, Jurusan Teknik
Geodesi FT-UGM, Yogyakarta.
- Duantari, N., (2017). Analisis Perbandingan DTM (*Digital
Terrain Model*) dari LiDAR (*Light Detection and Ranging*)

- dan Foto Udara dalam Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Google Earth. 2018. <URL: <https://www.google.co.id/maps/>>. Dikunjungi pada tanggal 21 Januari 2018, jam 08.00.
- Hadiati, D., (2007). Hubungan Antara Graf dan Triangulasi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Hirt, C. (2015). *Digital Terrain Models. Encyclopedia of Geodesy (Ed. E.W. Grafarend)*. Berlin: Heidelberg.
- Jumadi. (2008). Pemodelan dan Simulasi Kenaikan Permukaan Air Laut Secara Tiga Dimensi (3D) dengan Menggunakan Data LIDAR (*Light Detecting and Ranging*). Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Kandia, P., (2012). Pembuatan Model dan Parameter untuk Estimasi Kelapa Sawit Menggunakan Data *Light Detection and Ranging* (LIDAR). Bandung: Insititut Teknologi Bandung.
- Li, Z., Zhu, Q., dan Gold, C., 2005, “*DIGITAL TERRAIN MODELING Principles and Methodologi*”, CRS Press, Washington D.C.
- Liu, X., Zhang, Peterson, J., and Chandra, S., 2007, “*LiDAR-Derived High Quality Ground Control Information and DEM for Image Orthorectification*”, *Geoinformatica*, Vol.11, No.1, hal 27-53.
- Martianan, dkk, 2017, “Analisis Akurasi DTM Terhadap Penggunaan Data Point Clouds dari Foto Udara dan Las Lidar Berbasis Metode Penapisan *Slope based Filtering* dan Algoritma *Macro Terrasolid*”, Skripsi, Program Studi Teknik Geodesi UNDIP, Semarang.
- Nugroho, A.D., 2003, “Pembuatan Model Permukaan Digital Dari Sumber Citra Aster Secara Semi Otomatis”, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta.
- Poppenga, S, K., Danielson, J, J., Brock, J, C., 2014, “*Hydrologic Enforcement of Lidar DEMs*”, USGS, <http://pubs.usgs.gov/fs/2014/3051/pdf/fs2014-3051.pdf>. Dikunjungi pada tanggal 21 Januari 2018, jam 11.00.

- Purwanto, T. H. (2015). *Digital Terrain Modelling*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Putri, M.D., (2016). Pemodelan Tiga Dimensi Daerah Pesisir Dengan Menggunakan Data LiDAR dan Ortofoto. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Rahmayudi, A., dan Rizaldy, A. (2016). *Comparison of Semi Automatic DTM from Image Matching with DTM from LIDAR. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Volume XLI-B3*. Prague: Czech Republic.
- Sari, D. R. (2016). Analisa Geometrik *True Orthophoto* data LiDAR. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Susetyo, D. B., & Perdana, A. P. (2015). Uji Ketelitian Digital Surface Model (DSM) sebagai Data Dasar dalam Pembuatan Kontur Peta Rupabumi Indonesia (RBI). Seminar Nasional Penginderaan jauh.
- Wehr, A., and Lohr, U. 1999, “*Airborne laser scanning—an introduction and overview*”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol.54, hal 68-82.
- Wilson, J.P., and Gallant, J. C. 2000, “*Digital terrain analysis*” *In Wilson, J.P., and Gallant, J. D. (eds). Terrain Analysis; Principles and Applications*. John Wiley and Sons: New York, NY, 1–27.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Klasifikasi Ground Point to Low Point

Macro execution version 011.018

E:\PROSES TUGAS AKHIR\PROJECT FINAL\RUN TUGAS
AKHIR\MACRO\Ground To Low Point.mac

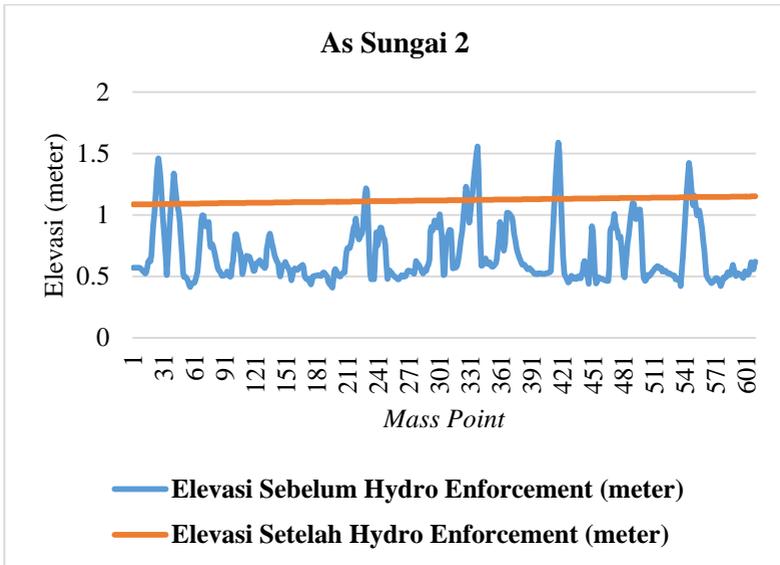
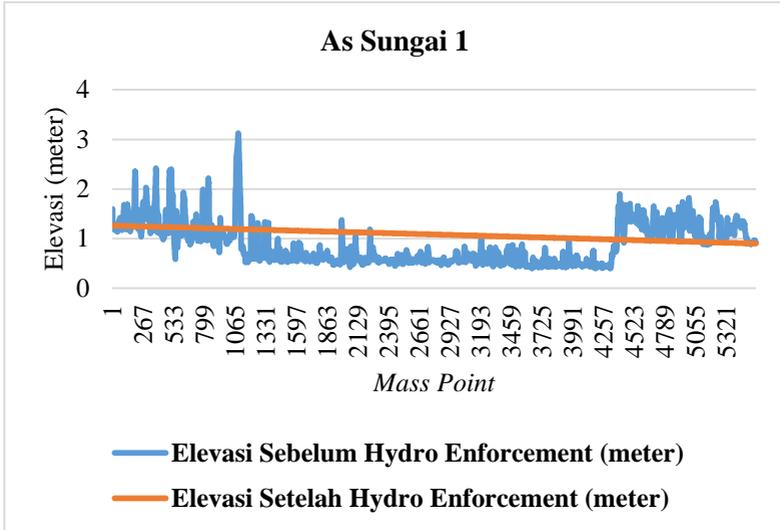
Block 1109-2348B.las

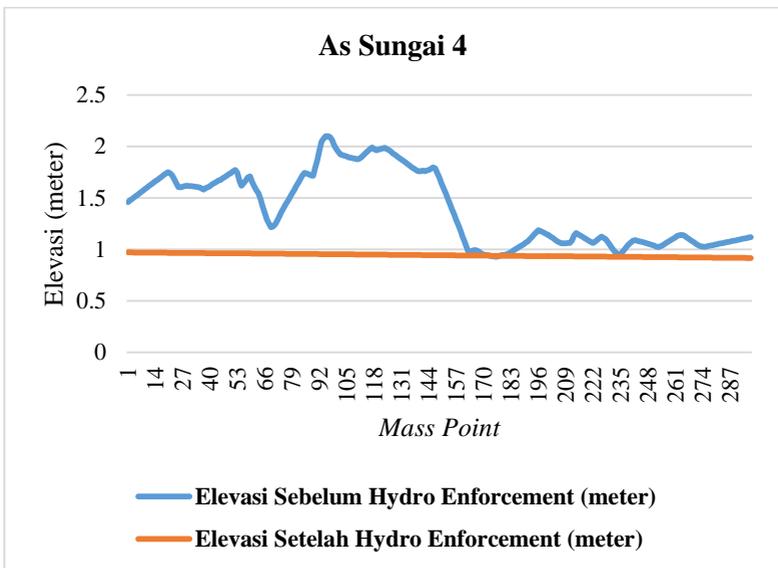
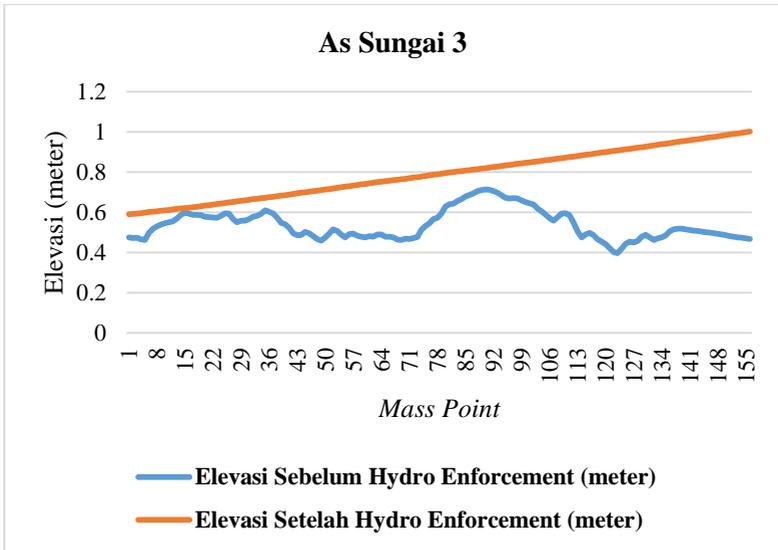
Loaded 3 644 766 points from active block
Loaded 13 331 points from neighbouring blocks
FnScanClassifyShapes("2",7,1,0,0,0,0,0,0,0.000,0) returned 46
972
Saved 3 644 766 points

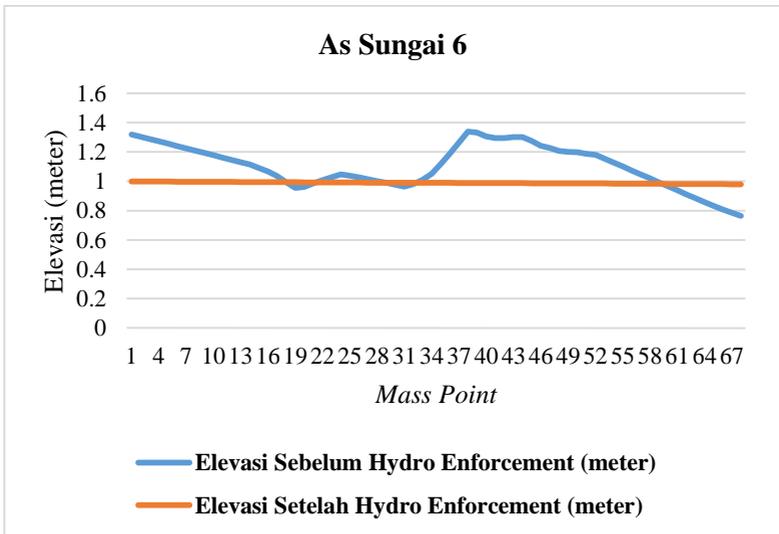
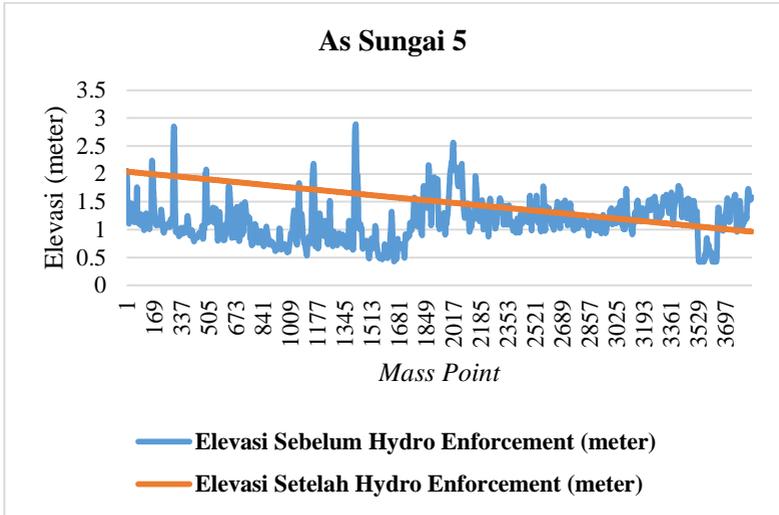
Block 1109-2349A.las

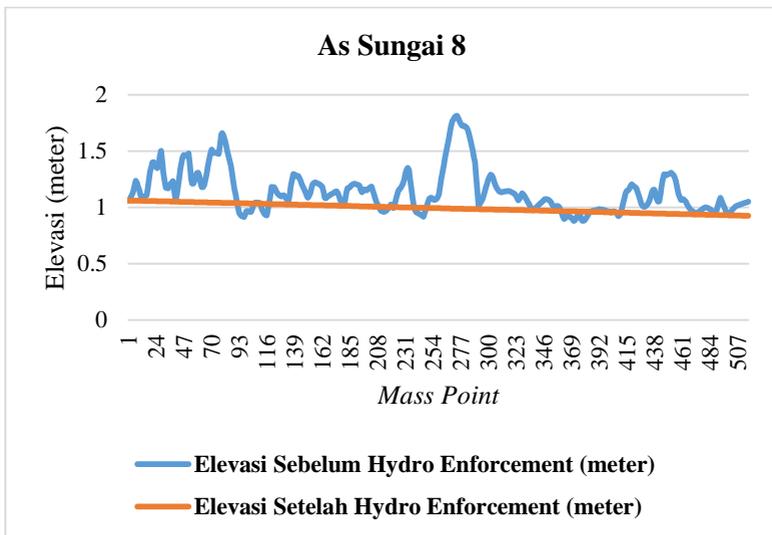
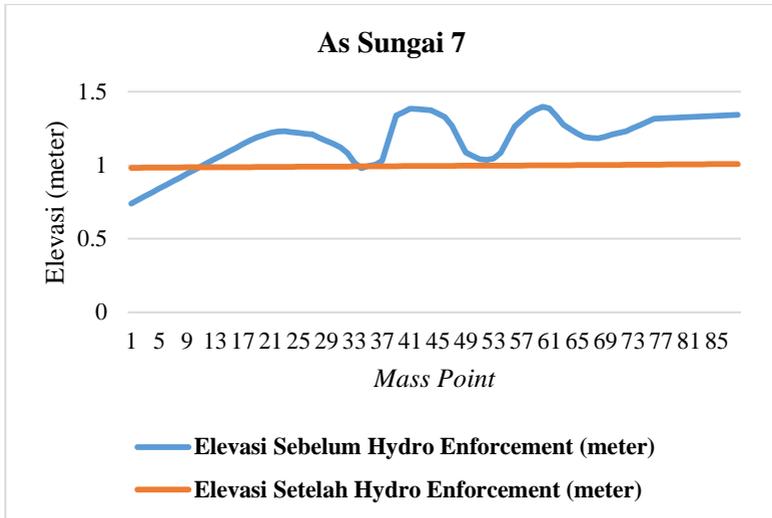
Loaded 3 009 222 points from active block
Loaded 14 635 points from neighbouring blocks
FnScanClassifyShapes("2",7,1,0,0,0,0,0,0,0.000,0) returned 232
751
Saved 3 009 222 points

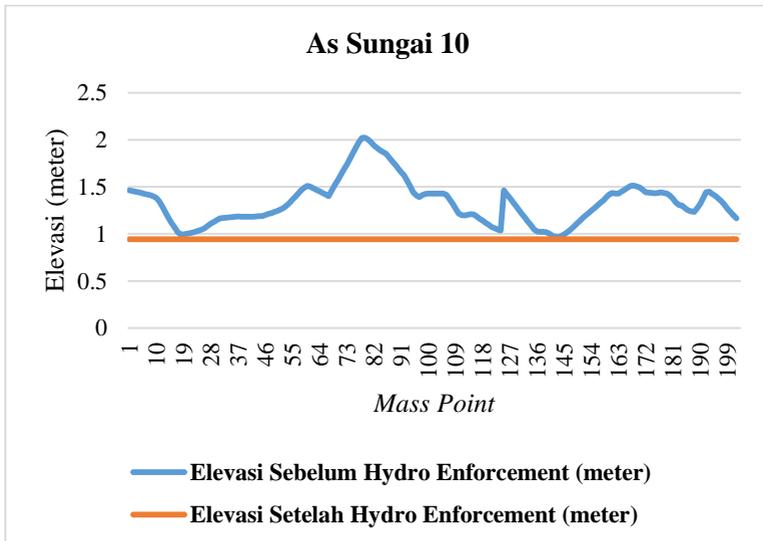
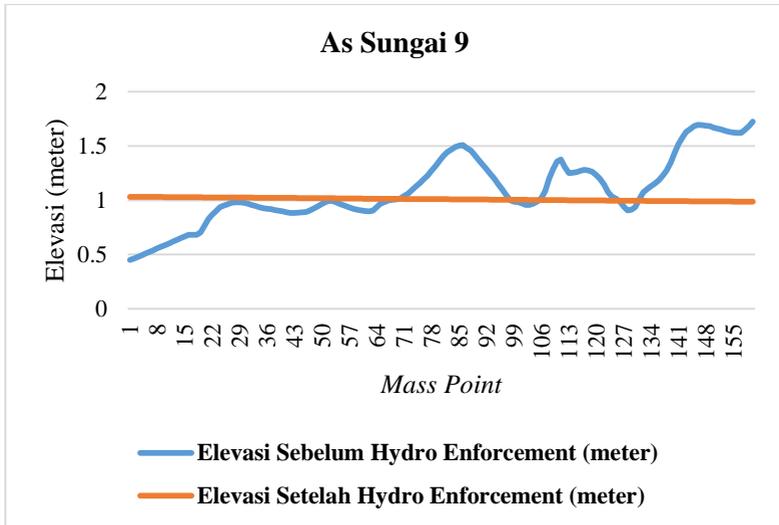
Lampiran 2. Grafik Elevasi As Sungai

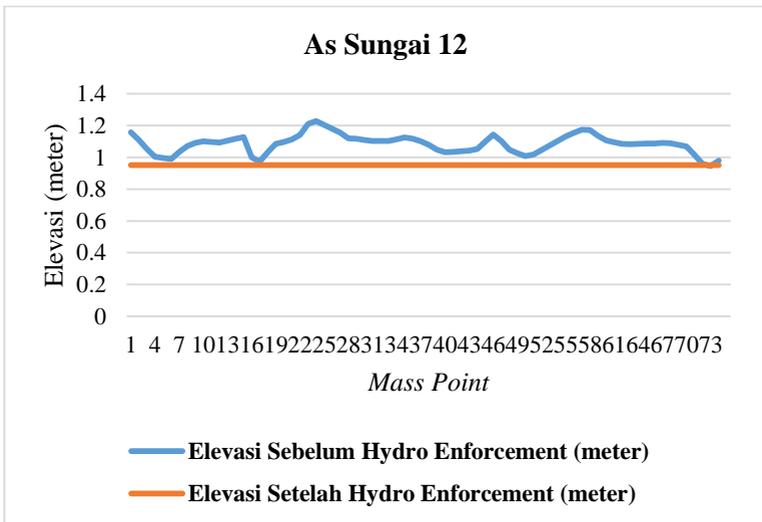
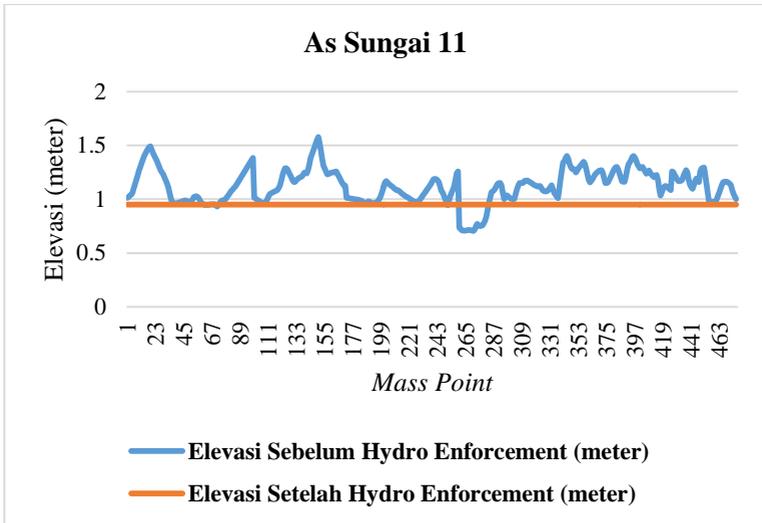


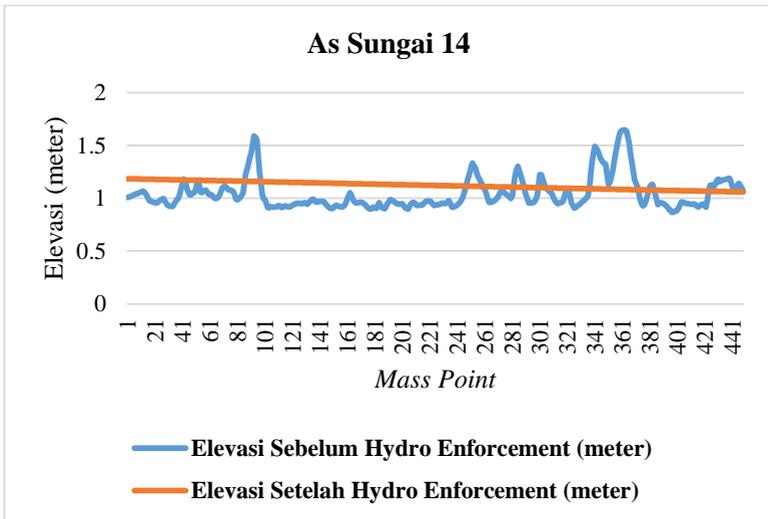
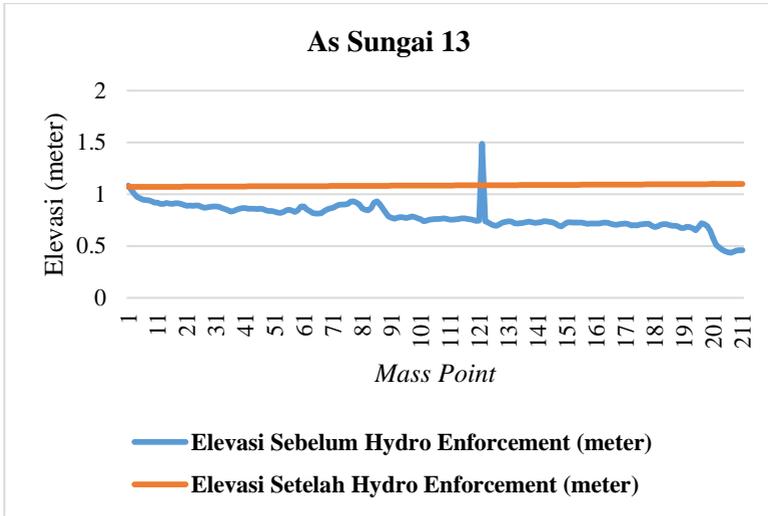


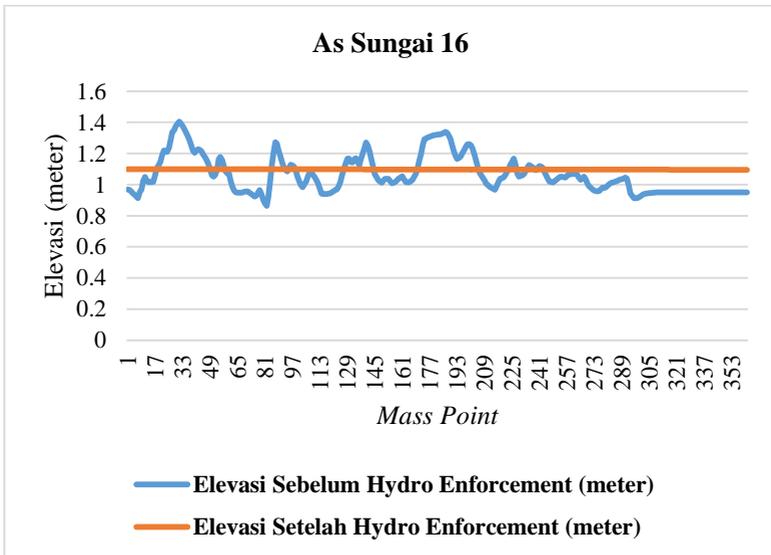
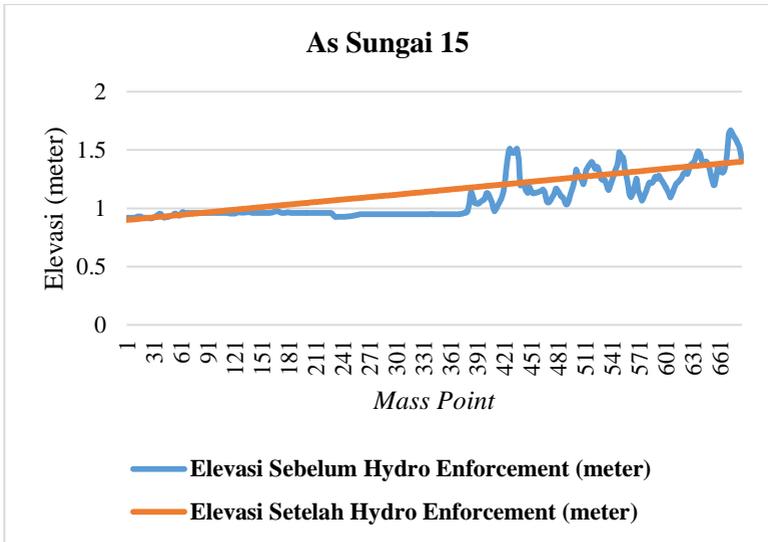


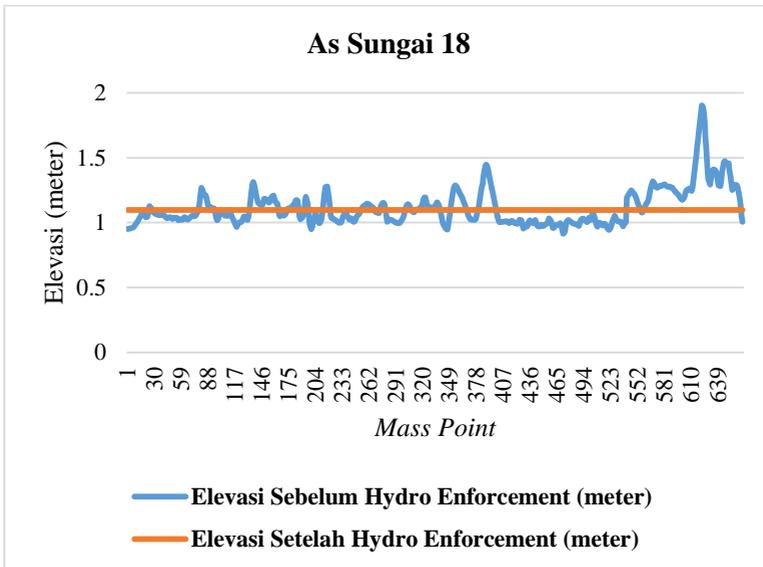
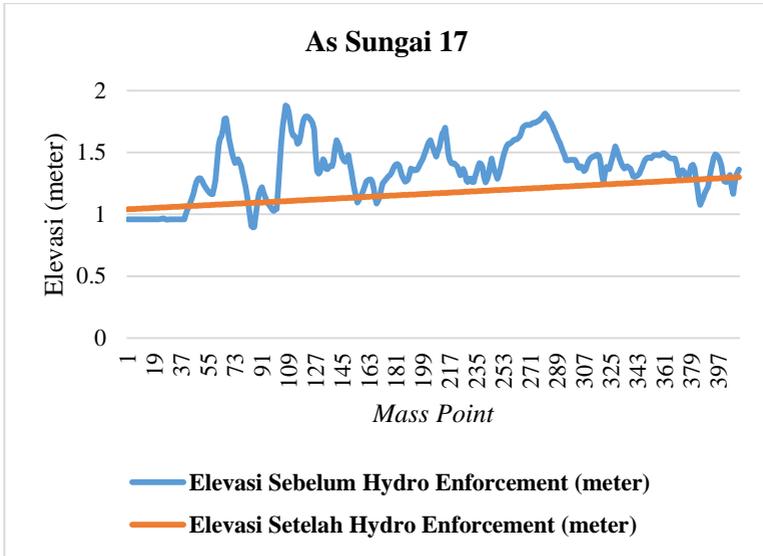


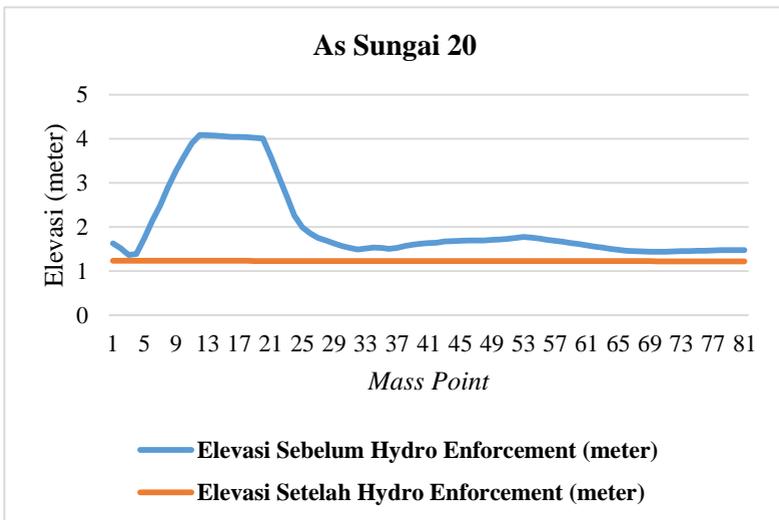
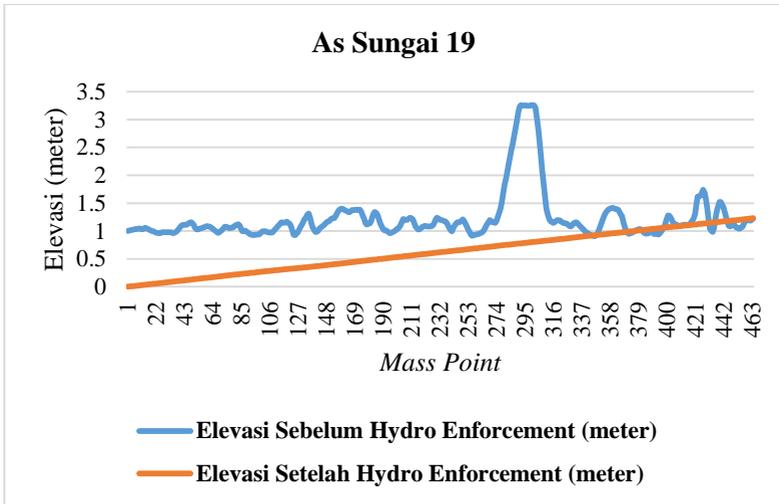


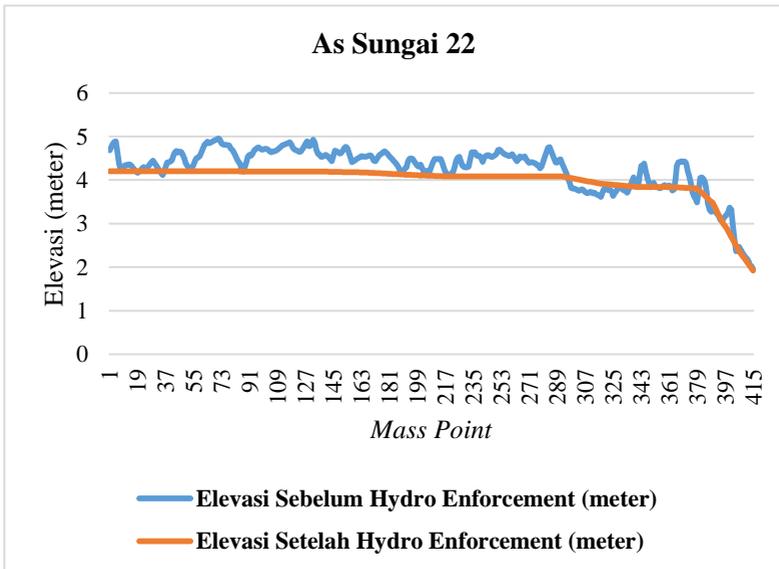
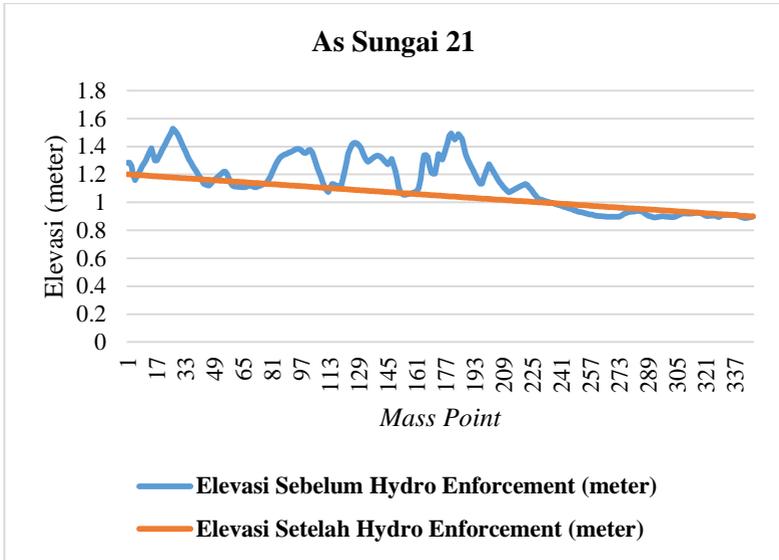


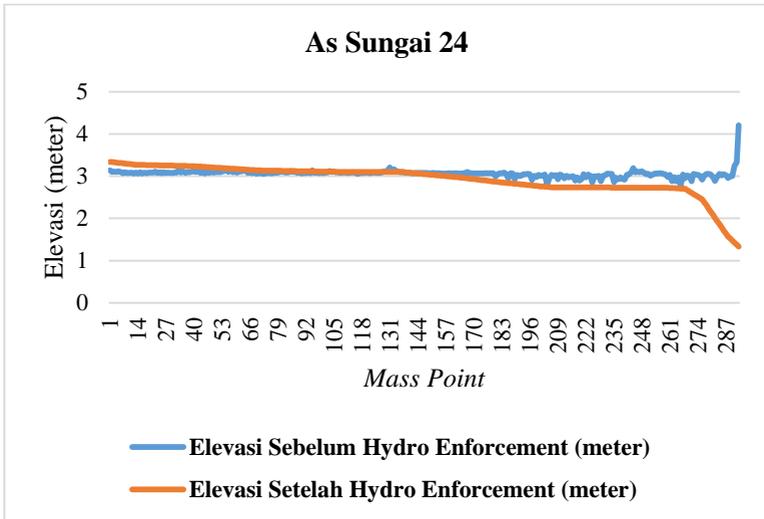
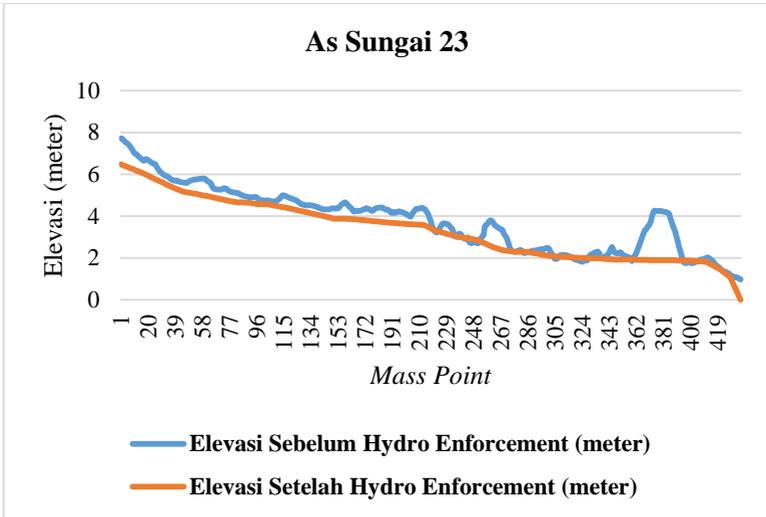


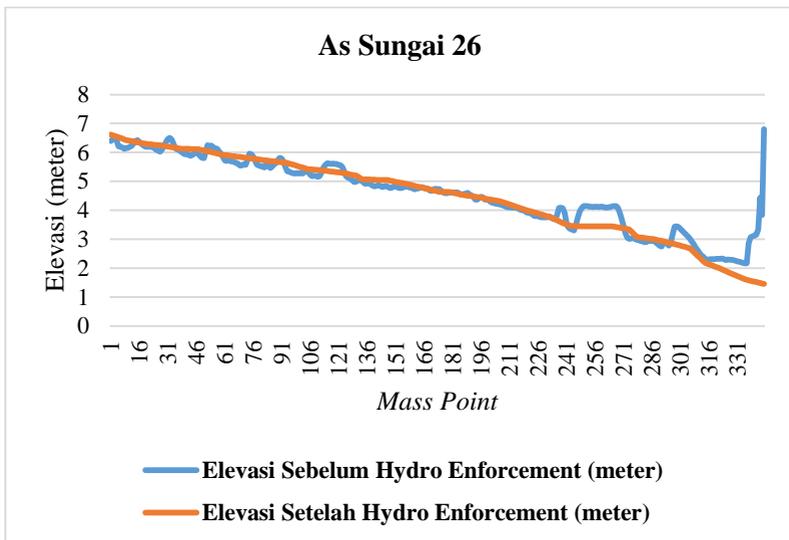
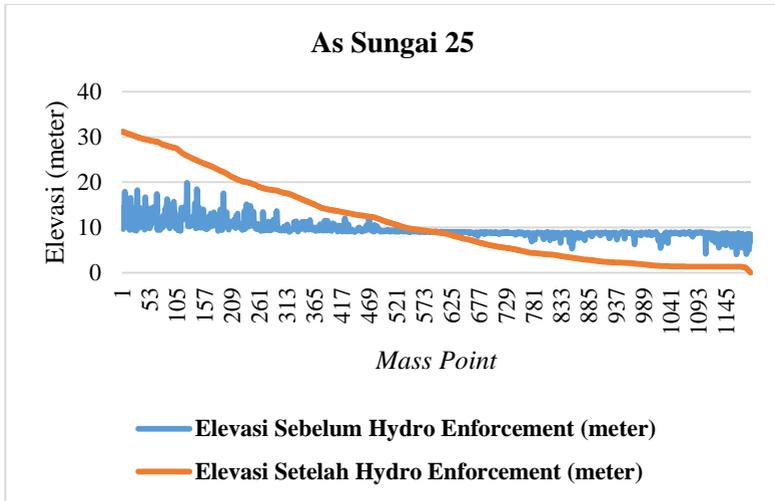


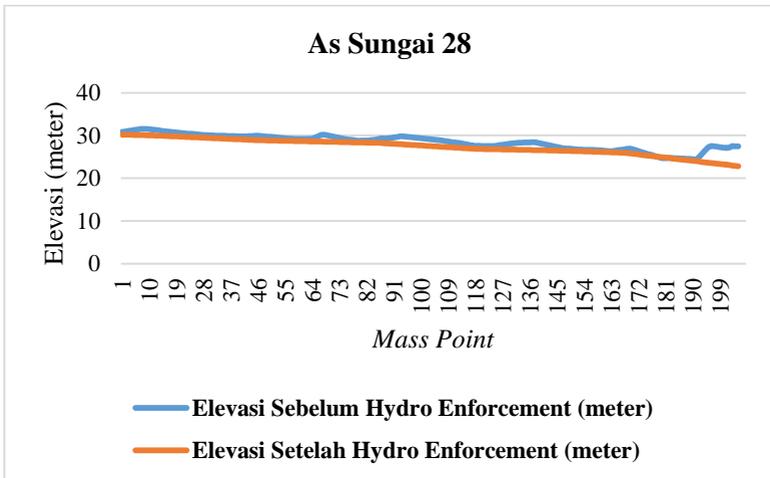
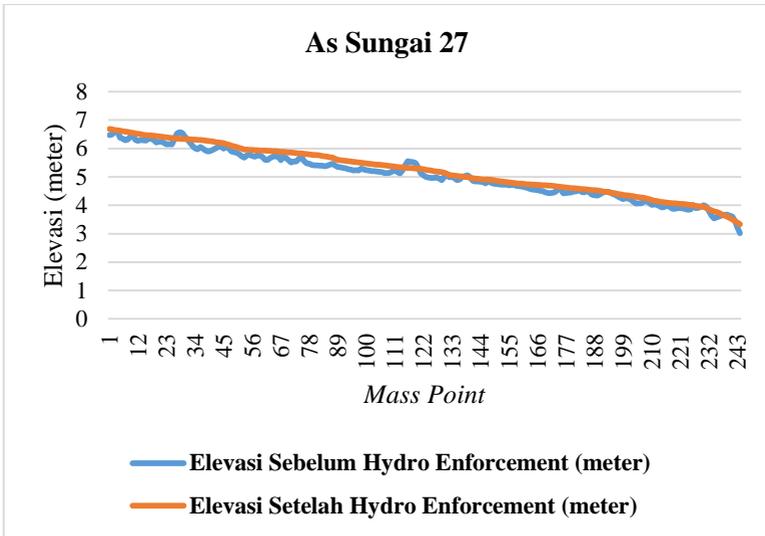


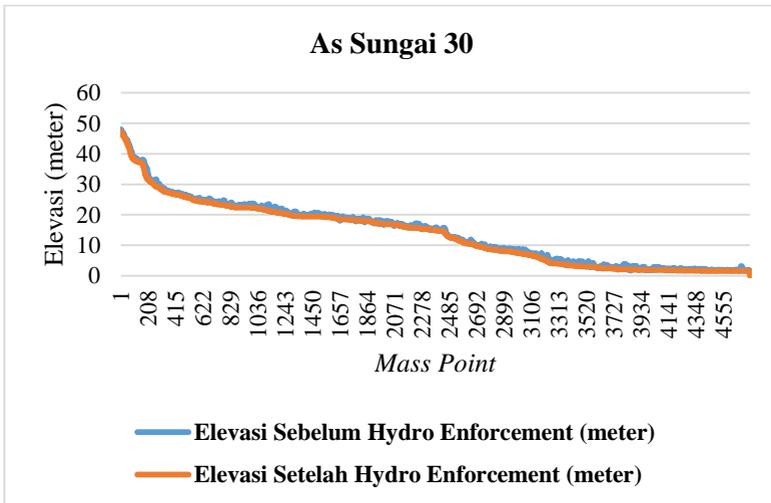
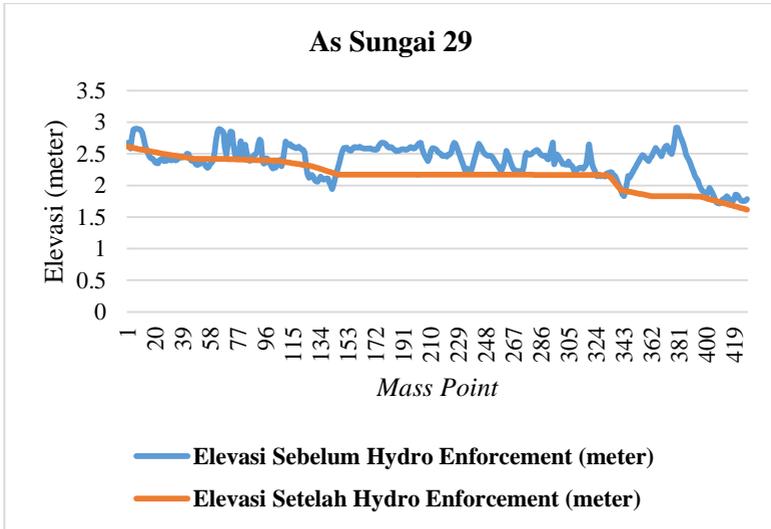


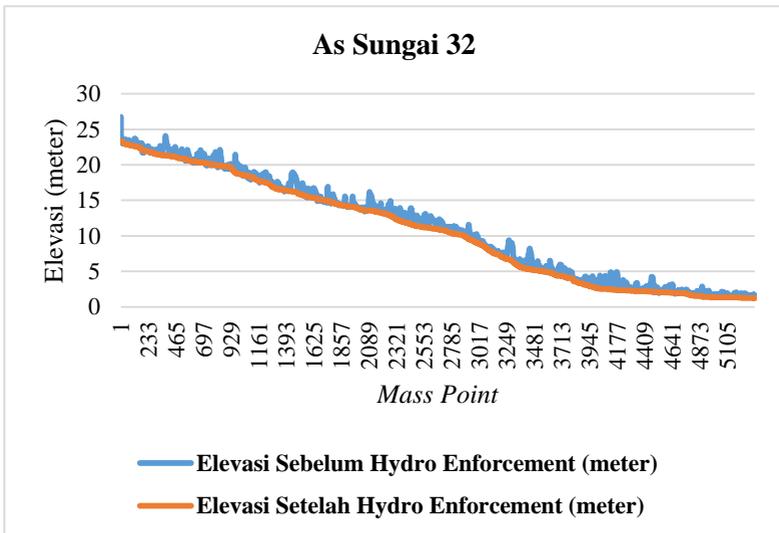
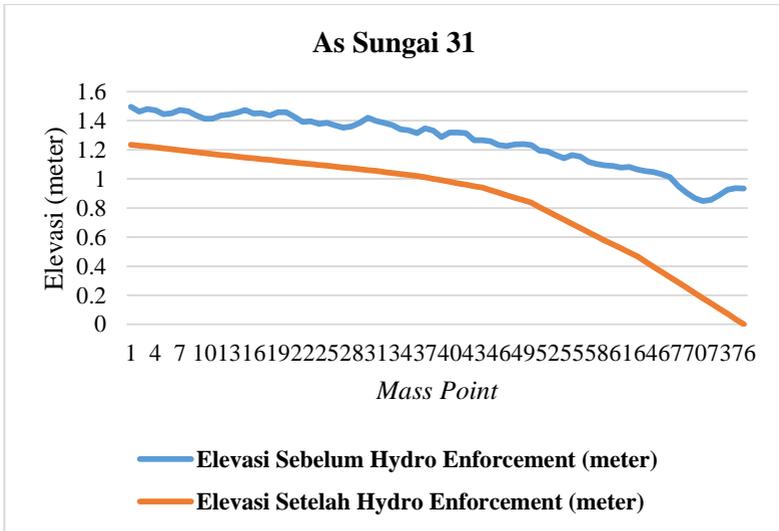


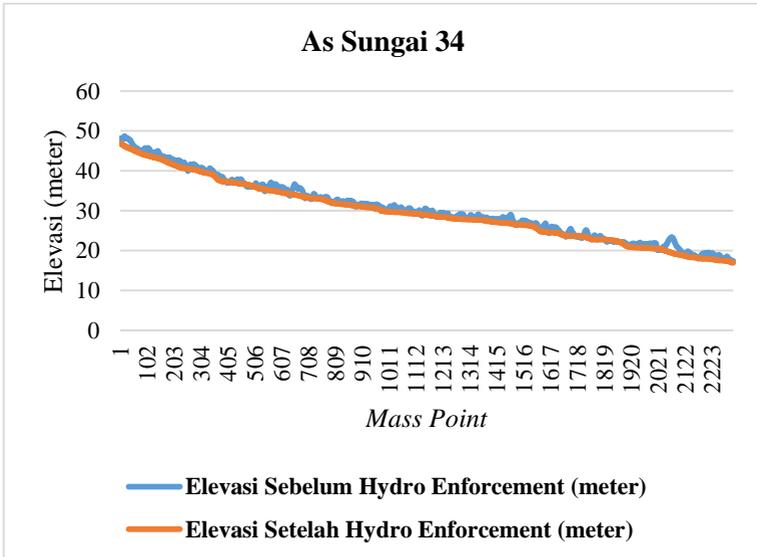
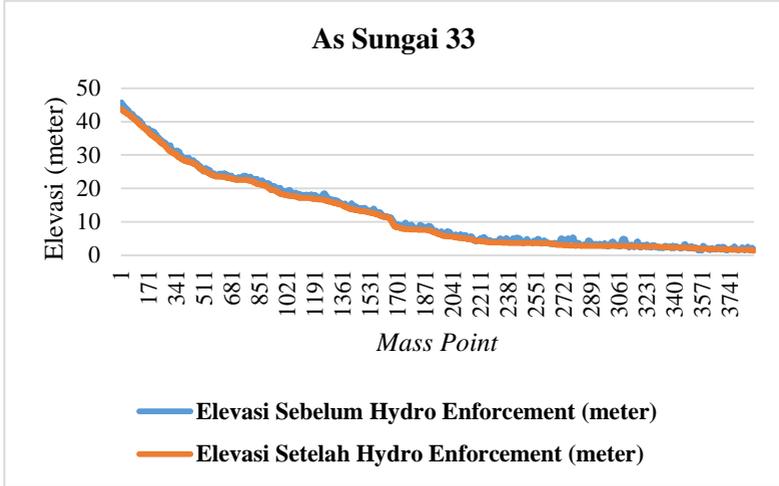


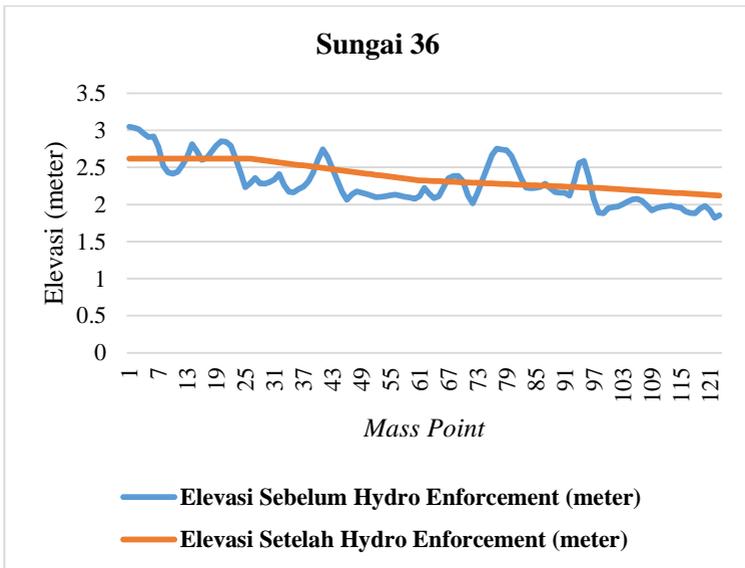
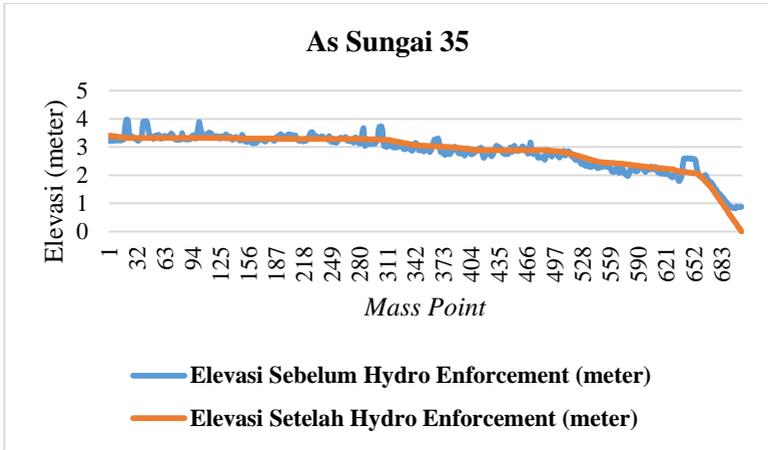


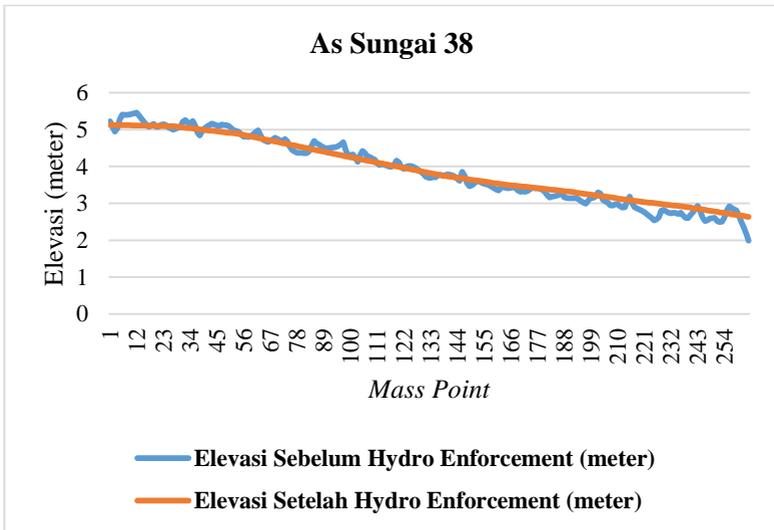
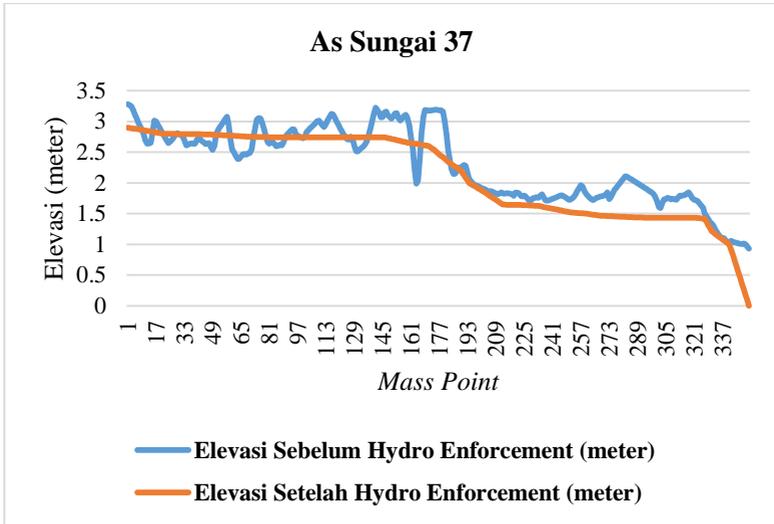


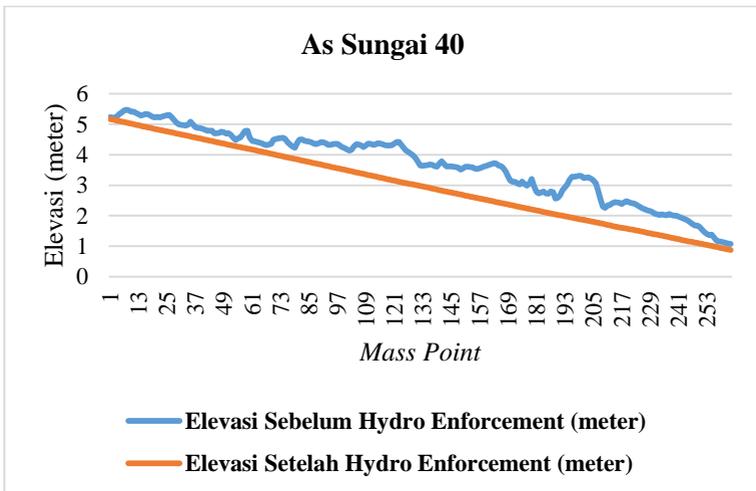
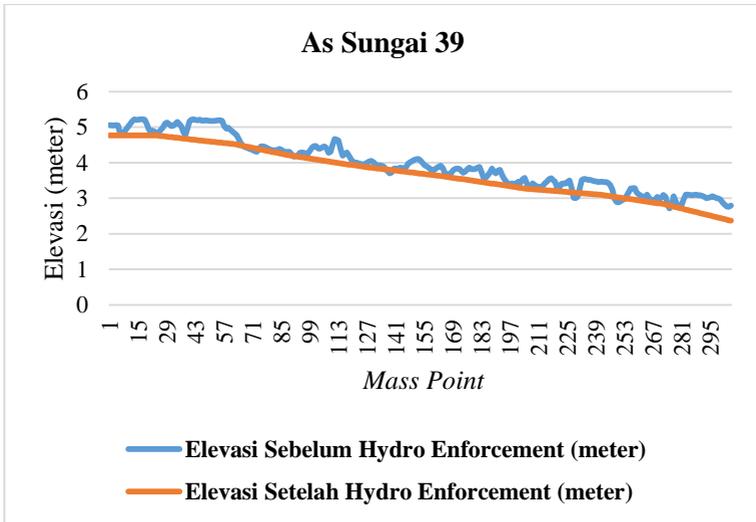


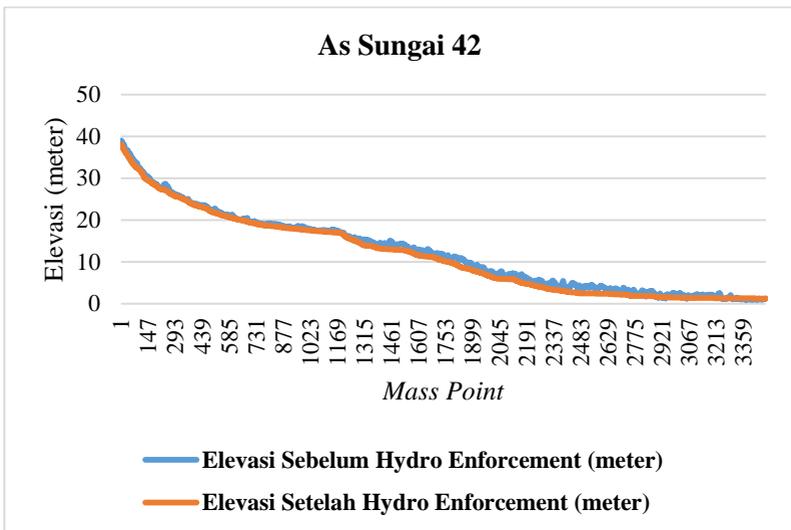
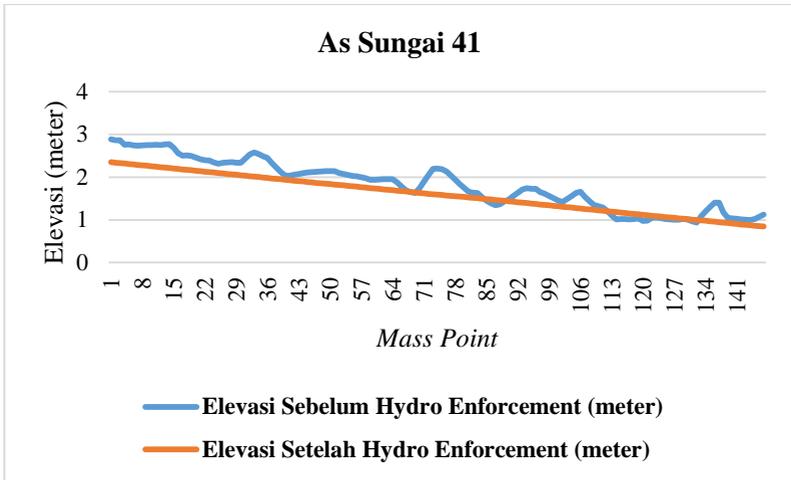


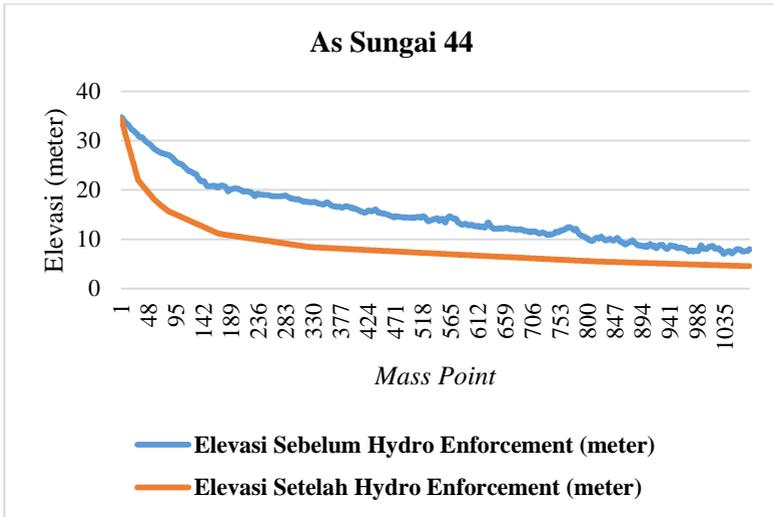
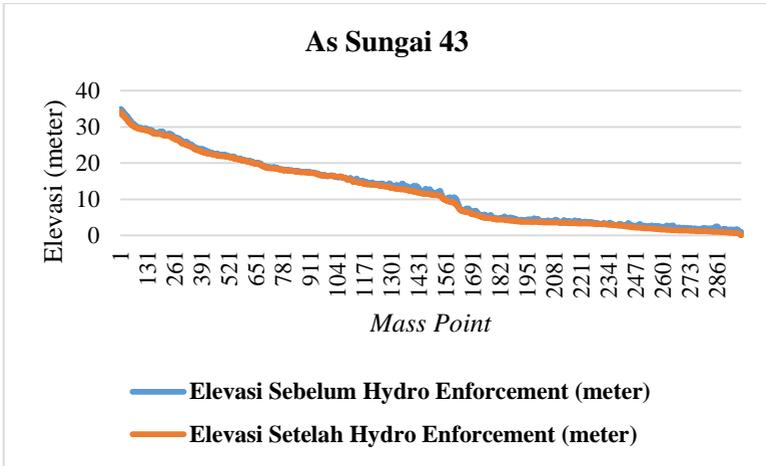


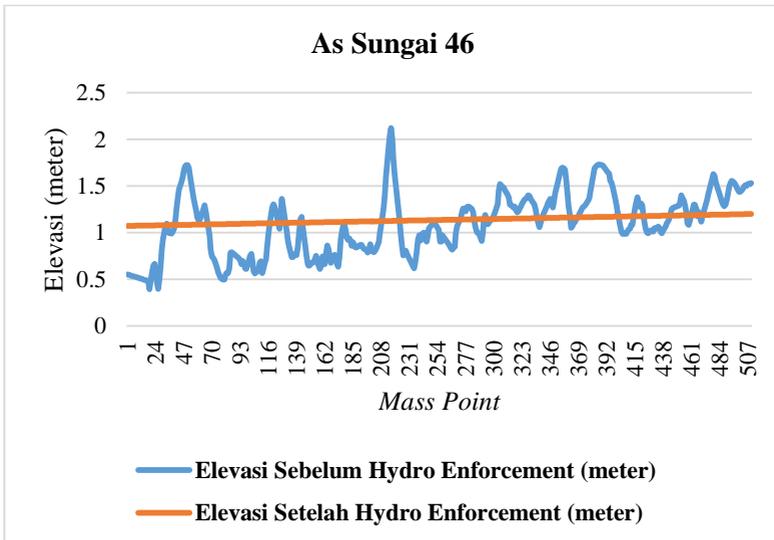
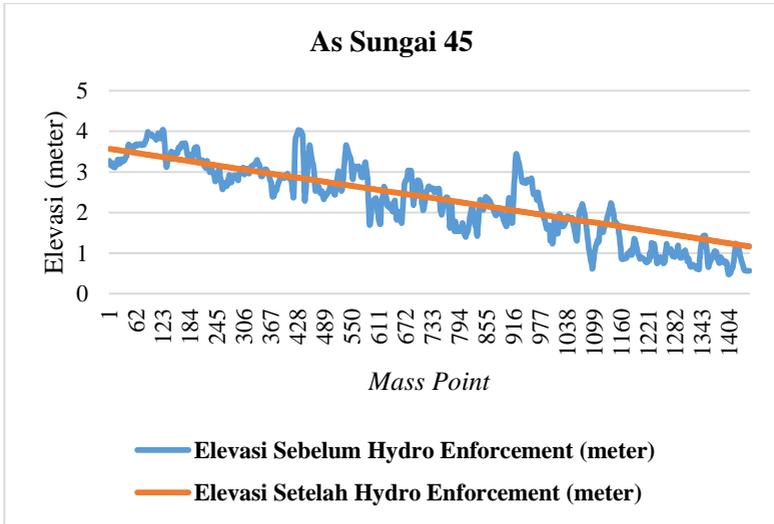


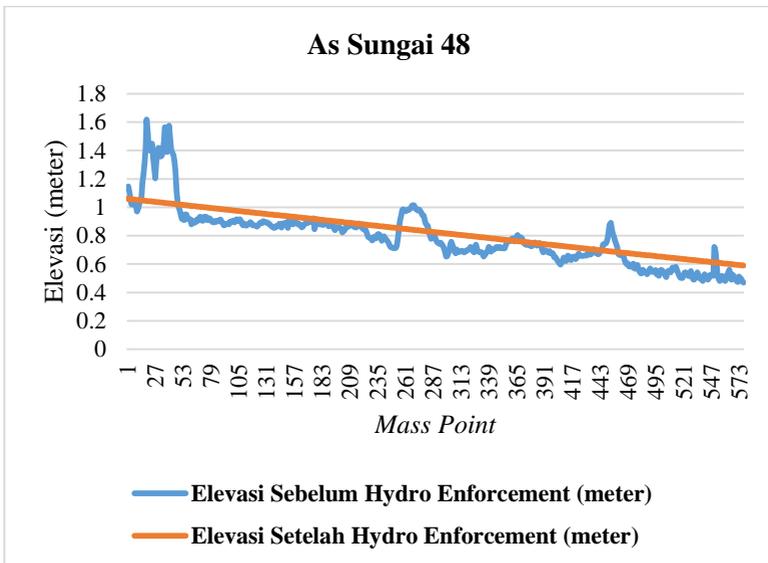
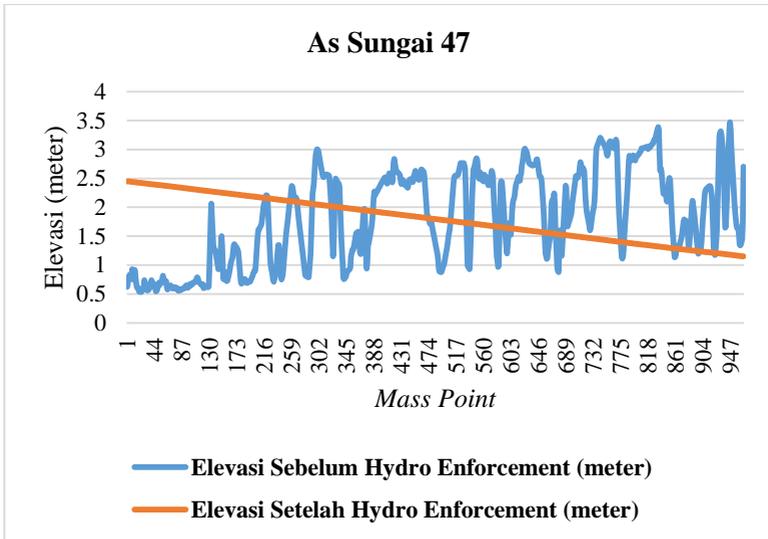


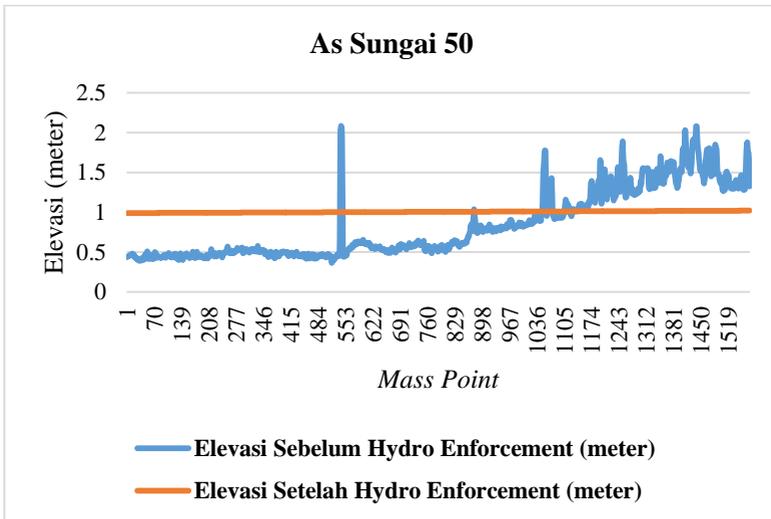
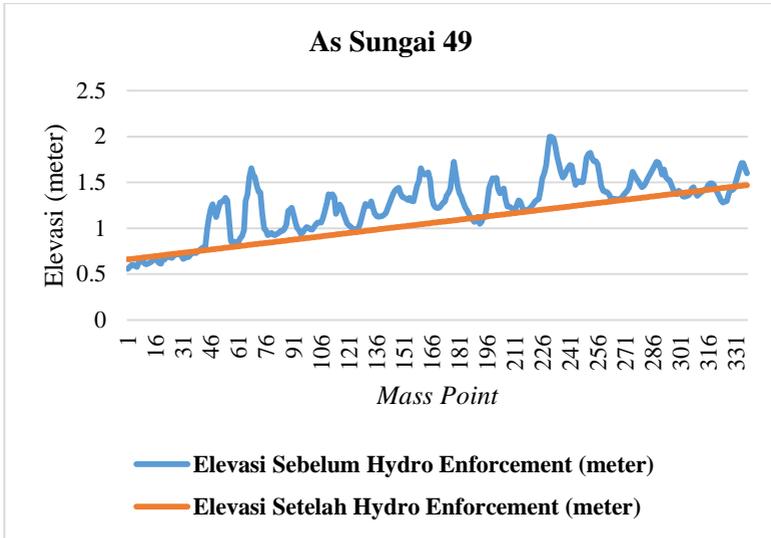


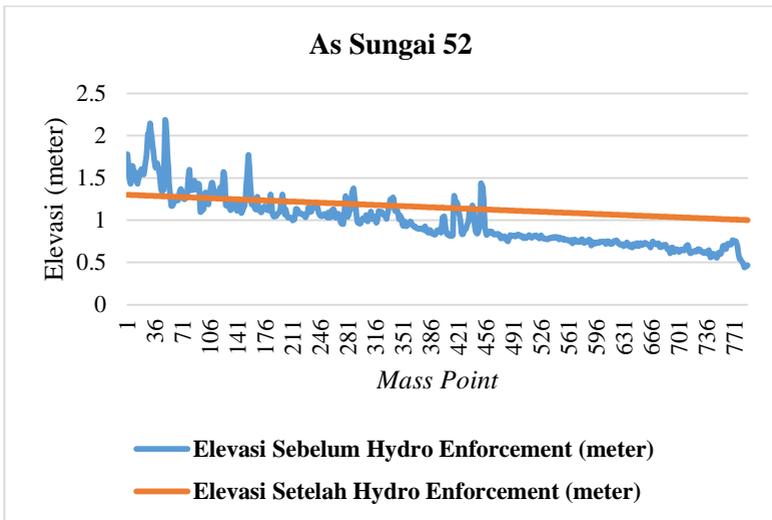
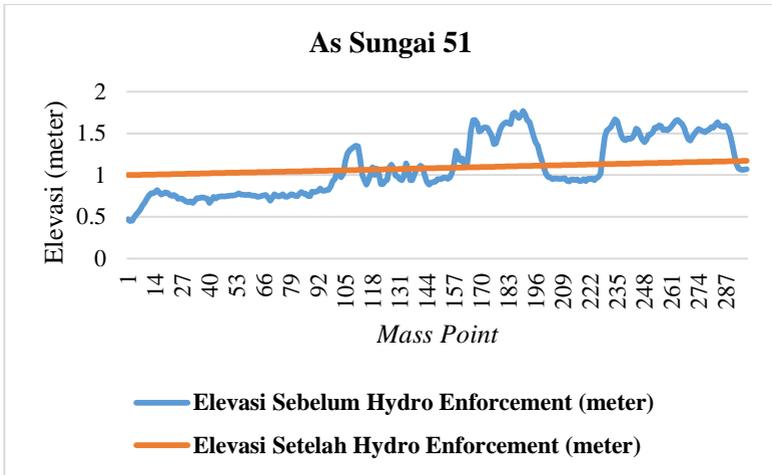


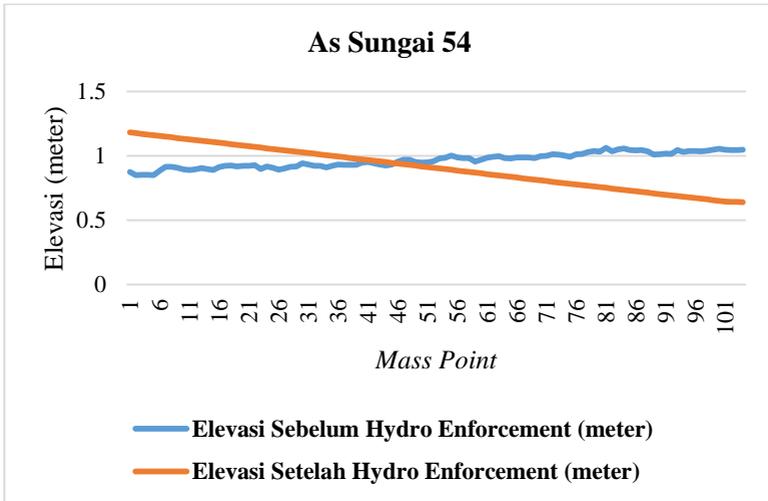
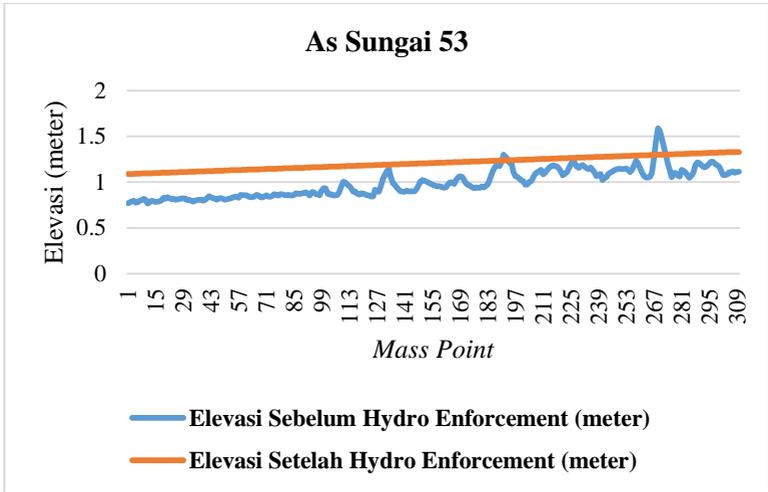


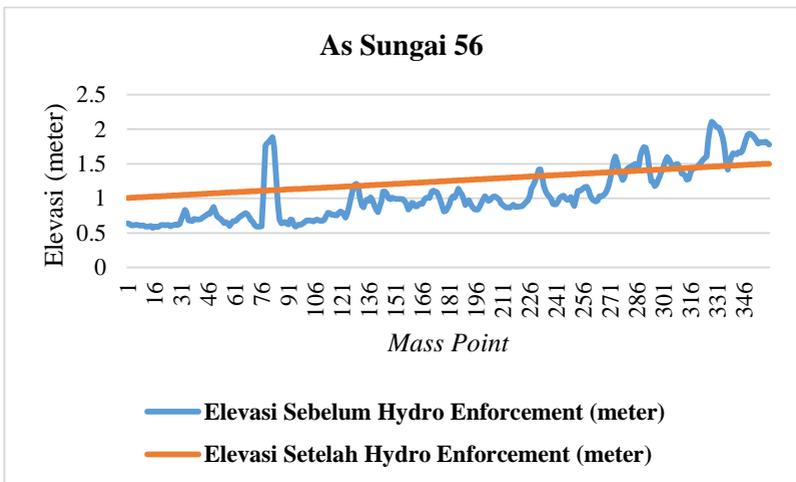
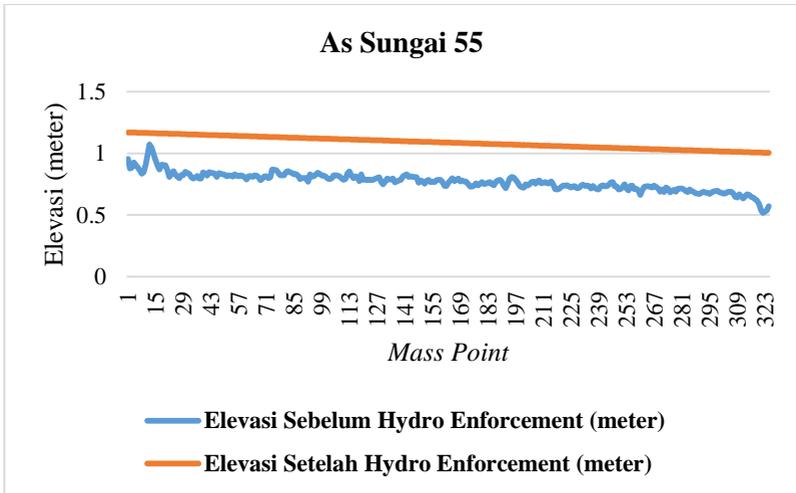


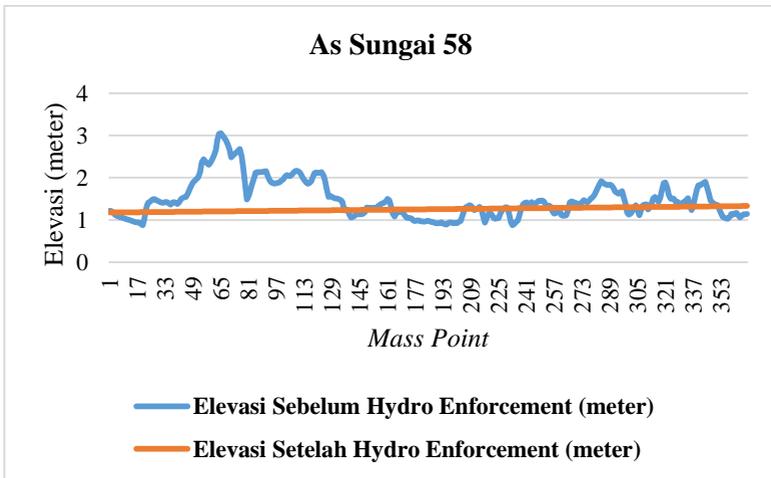
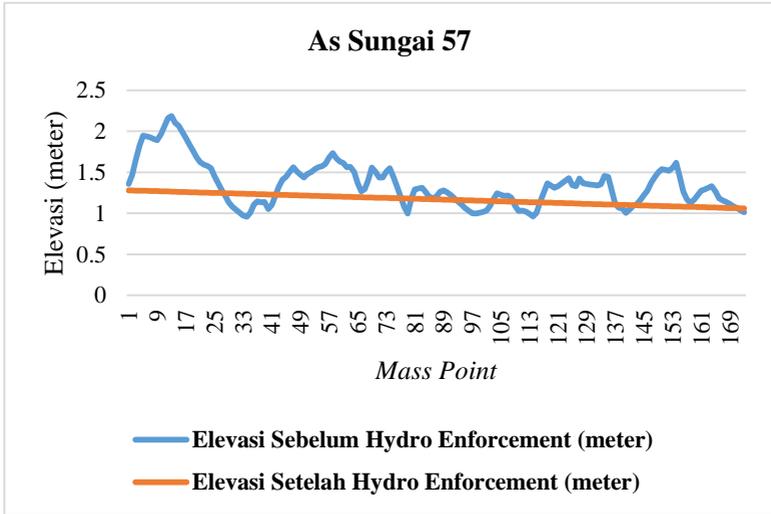


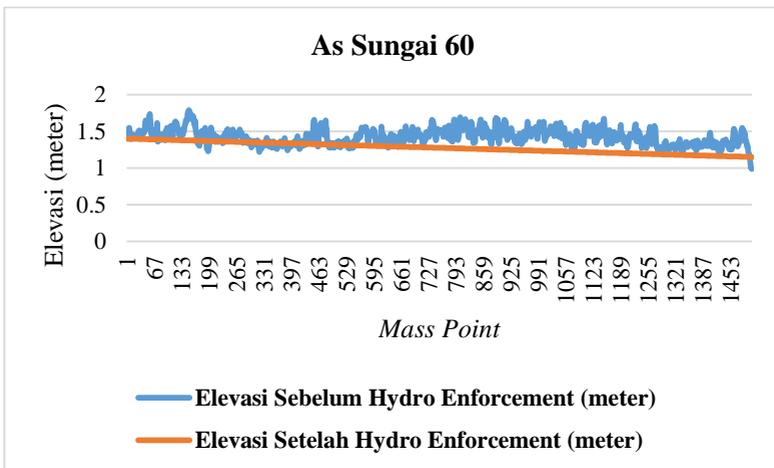
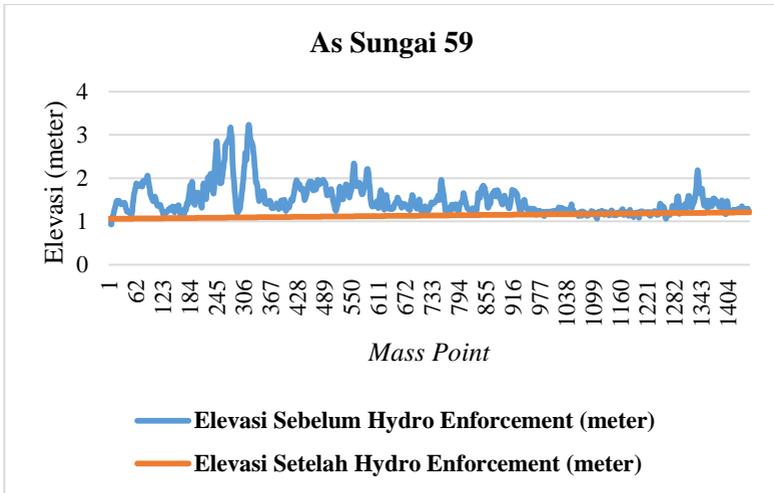


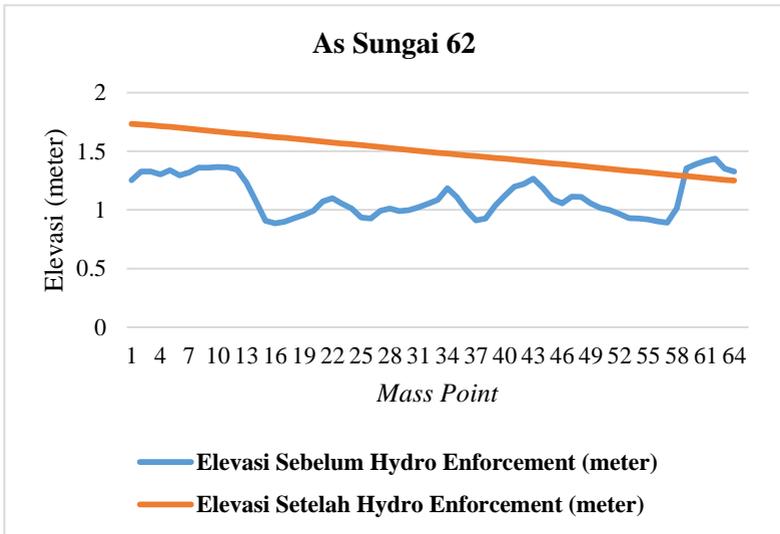
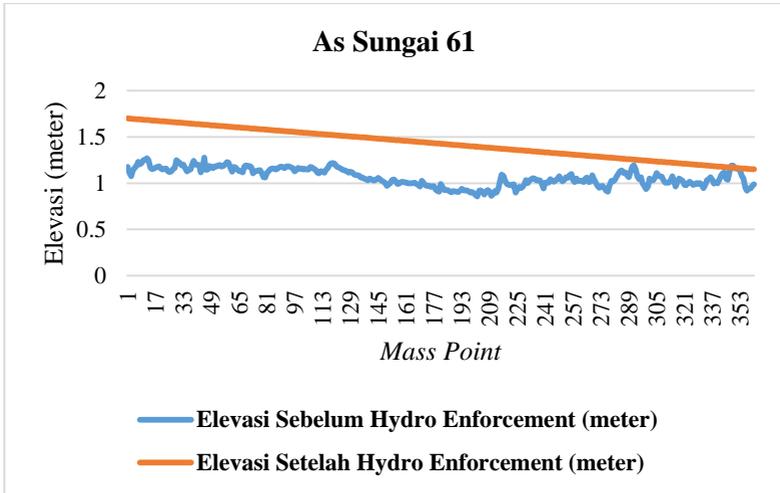


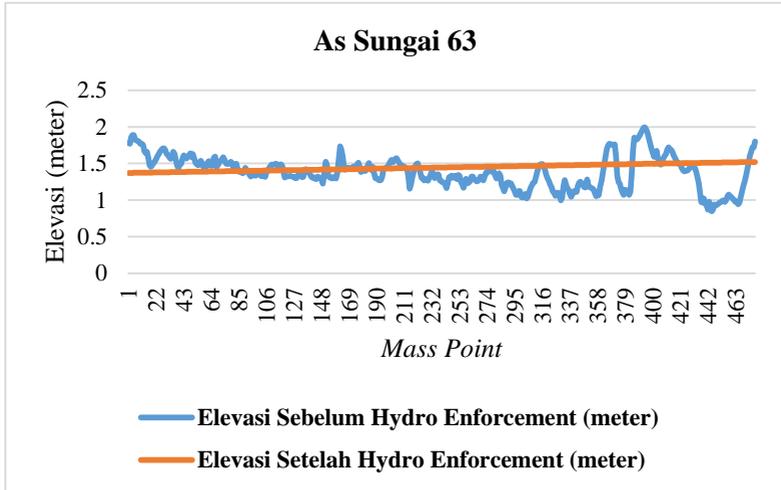




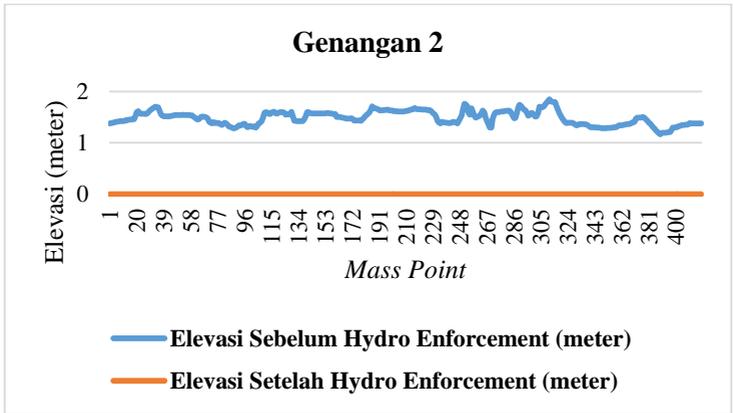
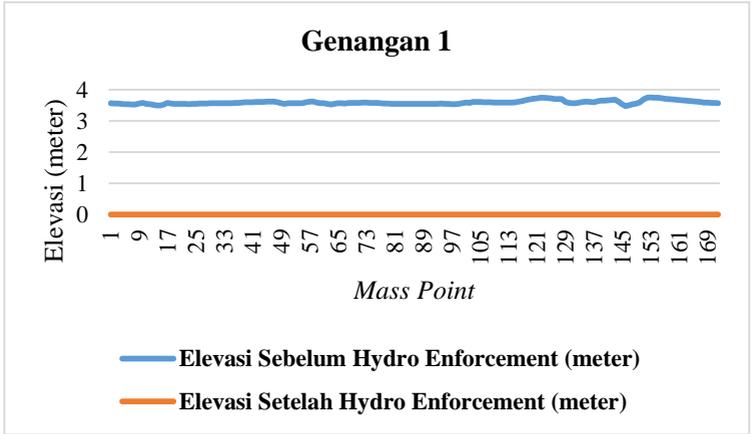


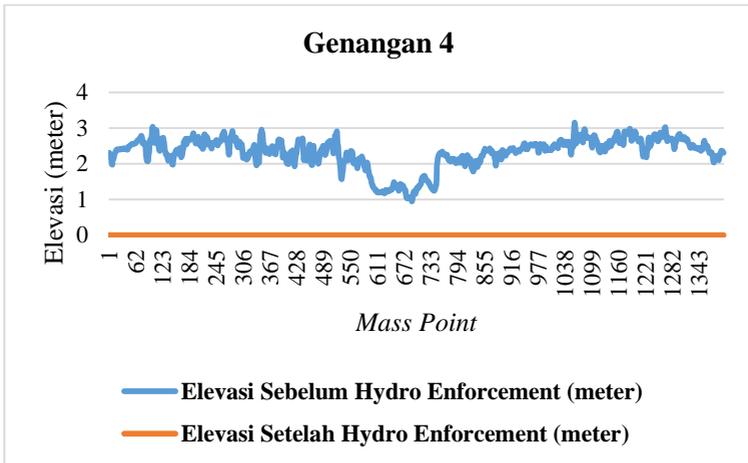
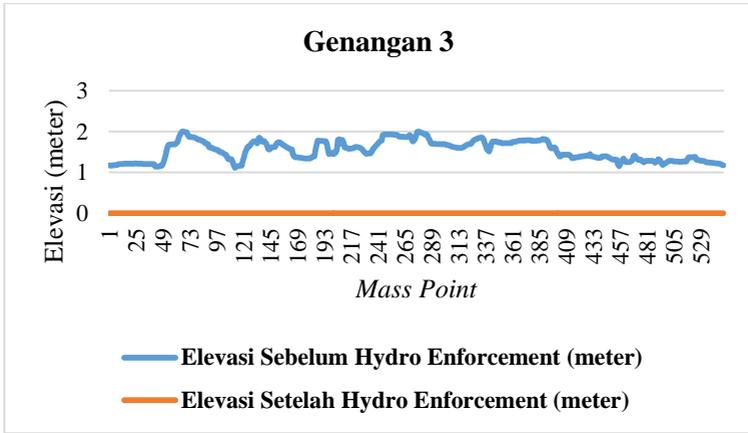






Lampiran 3. Grafik Elevasi Genangan





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Tangerang, 18 Februari 1996, penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kusuma Djaya, SDN Kereo 1, SMPN 110 Jakarta, dan SMAN 70 Jakarta. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan kuliah S-1 di Teknik Geomatika, FTSLK, ITS pada tahun 2014 terdaftar dengan NRP 0331144000006. Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif berorganisasi dan mengikuti kepanitiaan. Organisasi dan

kepanitiaan yang pernah diikuti oleh penulis diantaranya Staf Dept. Dalam negeri HIMAGE-ITS 15/16, Staf Dept. PSDM BEM FTSP ITS 15/16, Staf Div. PSDU UKM Sepak Bola ITS 15/16, Sekretaris Departemen Media dan Relasi BEM FTSP ITS 2017, Wakil Ketua BSO Badan Koordinasi Pemandu BEM ITS 16/17, Konseptor Teknis ITS EXPO 2017, Koordinator Fasilitator Ekspresi (LKMM TM ITS 2017), dan Pemandu Bumi (LKMM TM ITS 2018). Penulis juga sebagai anggota Laboratorium PVIA. Selain itu, penulis aktif dalam melakukan ekspansi LKMM dengan menjadi pemateri di beberapa universitas seperti Univ. Parahyangan, Univ. Brawijaya, UPN Veteran Jatim, Politeknik Negeri Jember, dan UINSA. Penulisan juga mempunyai hobi olahraga yaitu mendaki gunung dan futsal, dengan keahlian futsal sering mendapatkan juara ditingkat Institut, yaitu Juara 1 Futsal Putri di POMITS 2015, Juara 2 Futsal Putri di DN ITS 2015, Juara 1 Futsal Putri di DN ITS 2017, dan Juara 2 Futsal Putri di IFC 2018. Pada penelitian tugas akhir ini penulis mengambil judul Analisis Metode *Hydro Enforcement* dalam Pembuatan *Digital Terrain Model* LiDAR pada Obyek Perairan Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:5000.