



## Survei Penentuan dan Pengontrolan Batas Zona Penyusun *Main Dam* pada Proyek Bendungan Ladongi Provinsi Sulawesi Tenggara

### *Survey on Determination and Controlling of the Main Dam Zones in Shoutheast Sulawesi Ladongi Dam Project*

Afifah Aprilianda<sup>1</sup>, Muhammad Zainuddin Lubis<sup>2</sup>, Agung Permana<sup>3</sup>, Sidik Dwi Pamungkas<sup>4</sup>, Muhammad Adam<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Geomatika, Politeknik Negeri Batam, Batam 29461, Indonesia

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Teknik Geomatika, Politeknik Negeri Batam, Batam 29461, Indonesia

<sup>3</sup> PPK Bendungan I, Satker Pembangunan Bendungan BWS Sulawesi IV, Kendari 93115, Indonesia

<sup>4</sup> *Geodetic Engineer*, Kontraktor Pelaksana Proyek Bendungan Ladongi, Kolaka Timur 93573, Indonesia

<sup>5</sup> Inspektur Konsultan, Konsultan Supervisi Proyek Bendungan Ladongi, Kolaka Timur 93573, Indonesia

**Penulis Korespondensi:** Afifah Aprilianda | **Email:** [afifahaprilianda@gmail.com](mailto:afifahaprilianda@gmail.com)

Diterima (*Received*): 18/08/2020 Direvisi (*Revised*): 26/10/2020 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 27/10/2020

#### ABSTRAK

Ada banyak manfaat yang dapat dinikmati masyarakat sekitar pembangunan bendungan seperti persediaan air, pembangkit listrik, irigasi dan tempat rekreasi. Karena mempunyai banyak manfaat dalam hal ini pemerintah melakukan program Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional. Salah satu bendungan yang dibangun yaitu Bendungan Ladongi yang terletak di Provinsi Sulawesi Tenggara. Bendungan Ladongi dengan tipe urugan batu inti tegak (bendungan yang terdiri dari batuan dengan gradasi yang berbeda-beda dalam urutan lapisannya) mempunyai salah satu bagian yaitu tubuh bendungan utama (*main dam*) yang berfungsi sebagai penyangga menahan air dari arah hulu ke hilir sungai. Dalam hal ini diperlukan peran *survey* sebagai penentuan dan pengontrolan batas zona penyusun *main dam* agar dapat menahan rembesan air serta pembangunannya sesuai dengan desain perencanaannya. Dengan menggunakan metode *stake out*, pengukuran situasi, galian dan timbunan, hasil yang diperoleh pada penelitian ini berupa Peta Topografi *Main Dam*, *Cross Section Main Dam* dan visualisasi tiga dimensinya dari Opnam 5 sampai dengan Opnam 9. Elevasi pada Opnam 5 adalah +60.00m sampai dengan +65.29m dengan volume timbunan sebesar 11,965 m<sup>3</sup>. Pada Opnam 6 memiliki elevasi dari +60.07m sampai +68.22m dengan volume sebesar 29,701 m<sup>3</sup>. Elevasi Opnam 7 berkisar pada +65.01m sampai +70.80m dengan 43,057 m<sup>3</sup>. Opnam 8 memiliki elevasi dari +72.31m sampai +80.25m dengan volume timbunan 79,107 m<sup>3</sup>. Dan elevasi pada Opnam berkisar dari +63.18m sampai +86.10m dengan volume timbunan sebesar 99,378 m<sup>3</sup>.

**Kata Kunci:** *main dam*, zona penyusun *main dam*, peta topografi, *cross section*, *cut and fill*.

#### ABSTRACT

Many benefits can be enjoyed by the community around the construction of the dam, such as water supplies, power plants, irrigation, and recreation areas. Because it has many benefits, in this case, the government is implementing the Accelerated Implementation of the National Strategic Projects program. One of the dams built is the Ladongi Dam, located in Southeast Sulawesi Province. The Ladongi dam with an upright core rockfill type (a dam consisting of rocks with different gradations in the order of its layers) has one part, namely the main dam which functions as water retaining buffer from upstream to downstream of the river. In this case, the role of the survey is needed as the determination and control of the boundary of the main dam's constituent zone so that it can withstand water seepage and its construction following the planning design. By using the stakeout method, situation measurement, excavation, and stockpiling, the results obtained in this study are the Main Dam Topographic Map, Main Dam Cross Section, and three-dimensional visualization from Opnam 5 to Opnam 9. The elevation in Opnam 5 is +60.00m to with +65.29m. Opnam 6 has an elevation from +60.07m to +68.22m. Opnam 7 elevation ranges from +65.01m to +70.80m. Opnam 8 has an elevation from +72.31m to +80.25m. And the elevation at Opnam ranges from +63.18m to +86.10m.

**Keywords:** *main dam*, *main dam building zone*, *topographic map*, *cross section*, *cut and fill method*.

## 1. Pendahuluan

Pembangunan bendungan akan membawa dampak positif dan mempunyai banyak manfaat yang dapat dinikmati masyarakat sekitar seperti adanya persediaan air, pembangkit listrik dan tempat rekreasi (Dharmayasa, dkk., 2014). Di dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2010 mengatakan bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, beton, dan /atau pasangan batu yang dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (*tailing*) atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.

Karena mempunyai banyak manfaat dari pembangunan bendungan, menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2016 pemerintah melakukan program Percepatan Proyek Strategis Nasional atau yang disingkat PSN. Salah satu bendungan yang dibangun dari program tersebut yaitu Bendungan Ladongi terletak di Provinsi Sulawesi Tenggara.

Bendungan memiliki banyak tipe salah satunya adalah tipe bendungan urukan. Bendungan urukan adalah bendungan yang dibangun dari hasil penggalian bahan (*material*) tanpa bahan tambahan lain yang bersifat campuran secara kimia, sehingga merupakan bahan pembentuk bendungan asli (Soedibyo, 2003). Dalam pengelompokan tipe bendungan berdasarkan material pembentuknya maka yang paling lazim digunakan dalam diskusi desain yaitu bendungan urukan tanah dan bendungan urukan batu. Dan secara garis besar bendungan urukan dapat digolongkan menjadi dua tipe yaitu *homogen* dan berzona (dengan inti tegak atau inti miring). Pembuatan zona-zona pada tubuh bendungan (*main dam*) bertujuan meningkatkan keamanan bendungan yaitu untuk mendapatkan kekuatan (*strength*) yang cukup (Balai Keamanan Bendungan, dkk., 2003).

Secara umum bendungan memiliki bagian paling inti yaitu *main dam* atau tubuh bendungan yang berfungsi sebagai peninggi muka air. Sehubungan dengan fungsinya, metode pelaksanaan penimbunan material bendungan harus tepat agar *main dam* mampu menahan rembesan air sungai (Nasmiarta, dkk., 2016). Pada pelaksanaan konstruksi tubuh bendungan ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu pembangunan bendungan pengelak (*primary cofferdam*), anak bendungan (*main cofferdam*) dan tubuh bendungan utama (*main dam*) (Asiyanto, 2011).

Pada pembangunan Bendungan Ladongi menggunakan tipe bendungan urukan batu berzona dengan inti tegak (bendungan yang terdiri dari batuan dengan gradasi yang berbeda-beda pada urutan lapisannya). (PT Wecon, 2016). Dalam hal ini diperlukan peran *survey* pada penentuan dan pengontrolan batas zona timbunan agar *main dam* sesuai dengan desain perencanaannya dan meminimalisir rembesan air dari hulu ke arah hilir sungai.

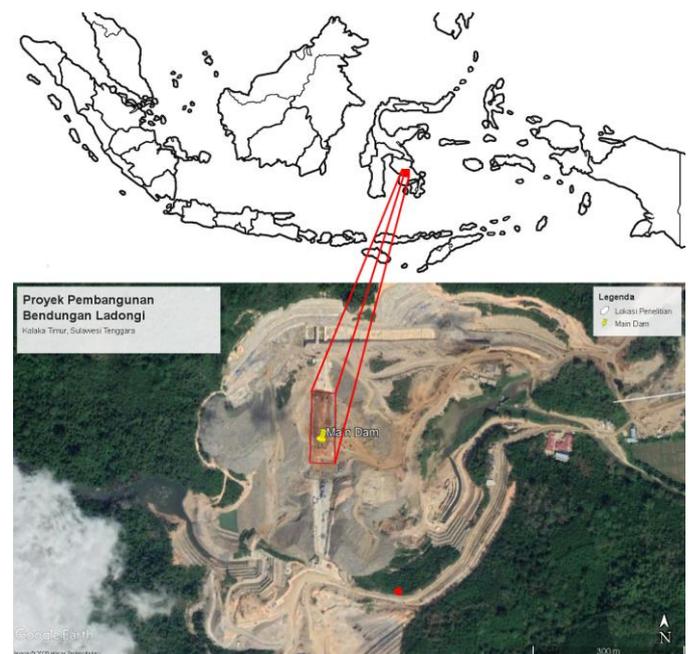
Dari latar belakang tersebut maka penulis membuat penelitian ini berdasarkan pentingnya mengkaji tentang *survey* penentuan dan pengontrolan batas zona penyusun *main dam*. Melalui pengukuran *stake out* dan pemetaan situasi yang selanjutnya data hasil pengukuran diolah untuk mendapatkan Peta Topografi *Main Dam*, kenampakan profil melintang *main dam* menggunakan

*software AutoCad Civil 2017* serta didapatkan data dari metode *cut and fill* yaitu berupa volume timbunan *main dam* dan visualisasi tiga dimensinya menggunakan *software Surfer 9*.

## 2. Data dan Metodologi

### 2.1. Data dan Lokasi

Lokasi yang digunakan untuk penelitian ini adalah area *main dam* pada Bendungan Ladongi yang terletak di Kecamatan Ladongi, Kabupaten Kolaka Timur, Provinsi Sulawesi Tenggara. Dengan letak geografis berada pada koordinat 4° 08' 52" - 4° 08' 53" LS dan 121° 52' 43" - 121° 53' 34" BT.

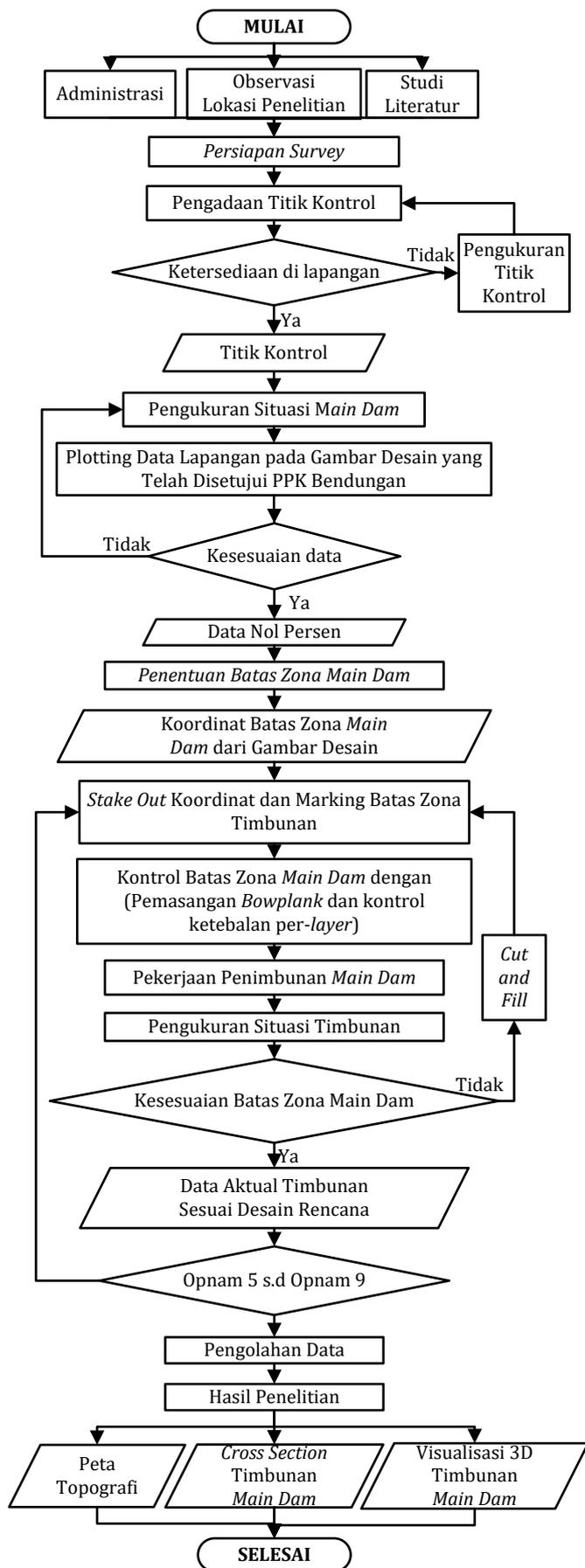


Gambar 2.1. Lokasi Penelitian

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder yang didapat dari instansi terkait. Data Primer yaitu hasil dari pengambilan data di lapangan melalui observasi lapangan dan pengukuran. Sedangkan data sekunder merupakan data yang didapatkan melalui Kantor Konsultan Supervisi Bendungan Ladongi PT. Bintama Wirawredha - PT. Arga Pasca Rencana, KSO dan Kantor Kontraktor Bendungan Ladongi PT. Utama Karya - Bumi Karsa, KSO.

### 2.2. Metodologi

Pelaksanaan timbunan *main dam* dilakukan dengan metode penimbunan berlapis-lapis (*stratifying method*) yaitu dengan menempatkan material pada tempat tertentu, kemudian diratakan hingga mencapai ketebalan yang efektif untuk pemadatan (Suyono dan Takeda, 1977). Proses pengukuran dalam penentuan dan pengontrolan batas zona penyusun *main dam* dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2.2. Diagram Alir Penelitian

### 2.3. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Total Station merk SOKKIA (CX-101). Serial No. GP1923.
2. Prisma Detail dan Monopole merk SOKKIA.
3. Statif / Tripod merk SOKKIA PFA-1.
4. Meteran merk TEKIRO 5M.
5. Laptop merk ACER – Aspire F5-573G Intel® Core™ i5-6200U CPU @ 2.30GHz 2.40 GHz, RAM 8.00 GB.
6. Software AutoCAD Civil 3D 2017 dan Surfer9

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Data *Shop Drawing Main Dam* Bendungan Ladongi. Data ini berupa gambar rencana keseluruhan bendungan yang digunakan sebagai referensi dalam mengaplikasikan rencana kerja di lapangan.
2. Data *Shop Drawing Cross Section Main Dam* Bendungan Ladongi. Data ini berupa gambar profil melintang rencana pada *main dam* yang dibagi setiap STA (stasiun) 20 meter.
3. Data Teknis *Main Dam* Bendungan Ladongi. Data ini berupa informasi tentang seluruh acuan pekerjaan pembangunan Bendungan Ladongi.
4. Data *Bench Mark (BM)* dan *Control Point (CP)* Bendungan Ladongi. Data ini berupa informasi koordinat dan elevasi yang digunakan sebagai titik acuan pekerjaan dilapangan.
5. Data detail situasi timbunan *main dam* (opnam 5 sampai dengan opnam 9). Data pengukuran ini terdiri dari data *shop drawing* yang sudah digabungkan dengan hasil pengukuran di lapangan.

### 2.4. Zona Penyusun Main Dam

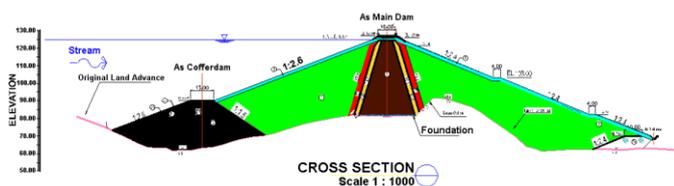
Dibandingkan dengan tipe lain, bendungan dengan tipe urugan merupakan bendungan yang paling lazim dibangun karena konstruksinya menggunakan material galian setempat yang tersedia dan tidak memerlukan banyak pemrosesan.

Bendungan urugan dapat dibangun hampir pada segala jenis tanah pondasi maupun bentuk topografi yang kurang baik dan umumnya lebih sering dibangun dengan tujuan penampung air (Balai Keamanan Bendungan, dkk., 2003).

Menurut (Proyek Bendungan Ladongi, 2019) mengatakan bendungan urugan yang berzona memiliki timbunan yang dilaksanakan sesuai dengan garis, angka dan dimensi seperti yang ditunjukkan pada gambar rencana. Pembagian garis antara zona-zona timbunan tergantung dari zona masing-masing, yaitu:

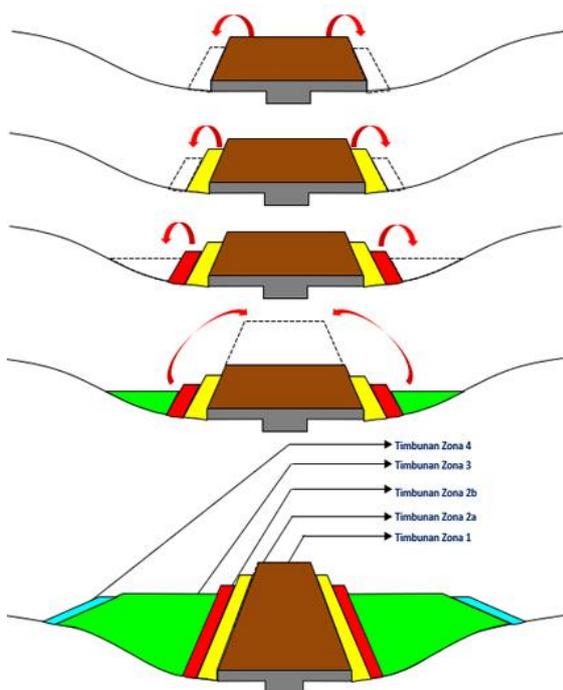
Tabel 2.1. Zona Penyusun Main Dam

Zona	Warna	Keterangan
Zona 1	Cokelat	Tanah Kedap Air (Inti)
Zona 2A	Kuning	Filter Halus
Zona 2B	Merah	Filter Kasar
Zona 3	Hijau	Timbunan Batu
Zona 4	Biru	Batu Rip-Rap
Main Cofferdam	Hitam	Anak Bendungan



Gambar 2.3. Cross Section Zona Penyusun Main Dam

Penempatan dan perataan material dilakukan secara kontinu, horizontal, lapis demi lapis dengan tebal tiap lapis maksimum 30 cm setelah dipadatkan. Pembentukan kemiringan bagian tepi timbunan harus dilakukan sesuai gambar atau seperti ditunjukkan direksi (Proyek Bendungan Ladongi, 2019).



Gambar 2.4. Tahapan Penimbunan Material Bendungan

### 2.5. Survey Topografi

Survey bertujuan untuk mengamati keadaan disuatu area yang di dalamnya meliputi pengumpulan data (terdiri dari arah, jarak dan data ketinggian) pada area tersebut menggunakan metode (teknik) tertentu. Pengukuran topografi umumnya dilakukan dengan tiga metode populer yaitu metode terestris, metode fotogrametri dan metode *remote sensing*. Metode terestris digunakan untuk menghasilkan peta topografi skala besar dan metode ini merupakan yang paling umum diselenggarakan secara langsung di lapangan (Sobatnu, 2018).

Untuk melakukan pengukuran dilapangan menggunakan total station yaitu alat ukur sudut dan jarak yang terintegrasi dalam satu unit alat yang sudah dilengkapi dengan processor sehingga bisa menghitung jarak dataran koordinat dan beda tinggi secara langsung (Adi dan Aghastya, 2017). Dengan menggunakan metode *Tachymetri* sangat bermanfaat dalam penentuan lokasi sejumlah besar detail topografi, baik horizontal maupun

vertikal dengan transit atau planset. Di wilayah-wilayah perkotaan, pembacaan sudut dan jarak dapat dikerjakan lebih efisien dan cepat daripada pencatatan pengukuran dan pembuatan sketsa oleh pencatat (Purwaamijaya, 2008).

Dalam pelaksanaan pengukuran di lapangan ada tahapan persiapan yang harus diperhatikan seperti penyediaan gambar kerja (*shop drawing*) serta mobilisasi peralatan *survey*. Dan beberapa hal lainnya yang harus diperhatikan yaitu:

- Titik Kontrol, dijadikan sebagai referensi/acuan dalam pengukuran di lapangan. Bench mark (BM) adalah monument/tugu/patok beton yang telah diketahui koordinatnya dan elevasinya (x,y,z) (Sobatnu, 2018). Pada pengukuran penentuan dan pengontrolan batas zona penyusun *main dam* menggunakan 2 titik kontrol yaitu BM 8 dan CP 8 yang berada di gardu pandang Proyek Bendungan Ladongi. Titik kontrol tersebut digunakan untuk pengukuran detail situasi di lapangan sebagai titik referensi untuk membuat titik bantu.

Tabel 2.2. Titik Kontrol Proyek Bendungan Ladongi

No	Nama	Koordinat		
		X	Y	Z
1	BM 8 (Cor Kotak)	376733,078	9541066,355	126,848
	CP 8 (PVC)			
2	(Cor PVC)	376732,450	9541089,802	126,089

- *Stake Out*, pada dasarnya adalah pekerjaan pemindahan gambar-gambar desain yang diketahui koordinatnya pada gambar kerja ke posisi sesungguhnya di lapangan (Sobatnu, 2018). Implementasi dari *stake out* dapat digunakan untuk menentukan *center line*, pembuatan *shop drawing*, rencana pembebasan lahan dan *monitoring* pelaksanaan pekerjaan. Untuk mengontrol kemiringan (*slope*) timbunan agar sesuai dengan gambar desain maka dibutuhkan alat bantu berupa papan kayu yang dibentuk yaitu boplang (*bowplank*). Pekerjaan pemasangan *bowplank* biasanya dilakukan bersamaan atau setelah pekerjaan pengukuran lokasi dilakukan (Sasongko, 2018).



Gambar 2.5. Bowplank Pengontrol Kemiringan

Pada *stake out* batas *main dam*, data koordinat di dapatkan dari hasil pengolahan data *cross section main dam* per STA sehingga dilakukan terlebih dahulu *plotting* pada gambar desain dan koordinat yang dihasilkan akan digunakan untuk *stake out* di lapangan. Untuk penentuan batas zona *main dam* di sesuaikan dengan ketentuan data teknis bendungan menurut Laporan Nota Desain pada Proyek Bendungan Ladongi (PT Wecon, 2016).

Tabel 2.3. Data Teknis Main Dam Bendungan Ladongi

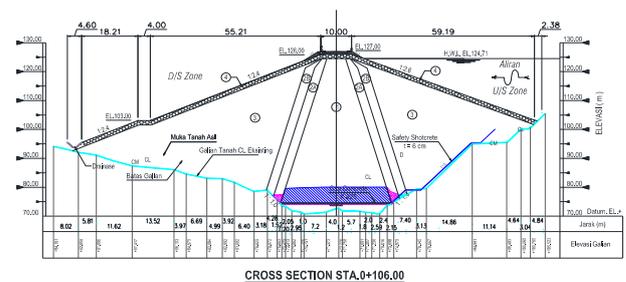
Tipe Bendungan	Urugan batu dengan inti tegak di tengah
Panjang Puncak	419.50 m
Lebar Puncak	10 m
Elevasi Puncak	EL. +126.00 m
Tinggi Bendungan dari Galian	66.00 m
EL. Dasar Galian Pondasi	EL. +60.00 m
Kemiringan Lereng Hulu	1 : 3.00
Kemiringan Lereng Hilir	1 : 2.50
Lebar Zona Filter Halus	3.00m (hulu & hilir <i>core</i> )
Lebar Zona Filter Kasar	2.00m (hulu & hilir <i>core</i> )
Lebar Dasar <i>Core</i>	44.00 m

Untuk mengetahui batas-batas tersebut maka setelah *plotting* harus dibuatkan tanda berupa patok (*marking*) pada setiap batas-batas zona *main dam*. Lalu dilanjutkan dengan pekerjaan penimbunan, pada setiap patok yang ada dilapangan dilengkapi dengan tanda batas-batas ketebalan penghamparan di lapangan.

- Pengukuran situasi, bertujuan untuk mendapatkan gambaran situasi dari dari suatu wilayah/lokasi ke atas bidang datar dengan skala tertentu dengan menggambarkan adanya jalan, rumah, sungai, jembatan serta keadaan relief untuk berbagai keperluan teknis (Kustarto & Hartanto, 2012). Dalam pengukuran situasi *main dam* di Bendungan Ladongi, dilakukan opnam atau kegiatan pengambilan data topografi pada timbunan material di lapangan termasuk batas setiap zona *main dam*. Hal ini dilakukan untuk mengecek elevasi timbunan di lapangan dan untuk mengambil data situasinya. Opnam dilaksanakan dalam waktu yang bervariasi yang selanjutnya data hasil pengukurannya akan diolah menjadi profil melintang (*cross section*).

### 2.6. Cross Section

Profil melintang atau yang biasa disebut *cross section* adalah penampang pada arah lebar yang menggambarkan turun naiknya permukaan suatu bentuk objek (Purwaamijaya, 2008). Data hasil pengukuran situasi di lapangan akan di *input* pada *shop drawing* yang sudah dilengkapi dengan batas-batas zona *main dam*. Data ini akan diolah menjadi *cross section* menggunakan aplikasi *AutoCad Civil 3D 2017*. Selanjutnya dipindahkan ke *cross section* gambar desain sebagai dimensi timbunan di lapangan.



Gambar 2.6. Contoh *Cross Section* Hasil Pengukuran Situasi

### 2.7. Cut and Fill

Galian dan timbunan dapat diperoleh dari peta situasi yang dilengkapi dengan garis - garis kontur atau diperoleh langsung dari lapangan melalui pengukuran sipat datar profil melintang sepanjang koridor jalur proyek atau bangunan (Purwaamijaya, 2008). Terdapat beberapa metode yang biasa digunakan dalam perhitungan volume tanah salah satunya yaitu Metode *Average End Area*. Dengan teknik perhitungan volume dari hasil perkalian dari jarak terhadap luasan yang sudah dirata-ratakan luasannya (Lama, dkk., 2019).

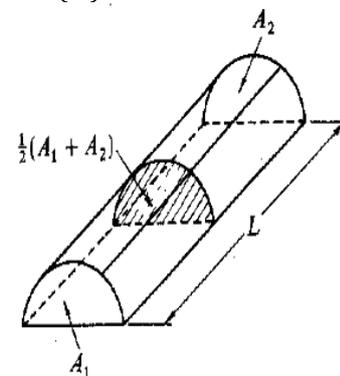
$$V = \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L \quad (1)$$

Dimana:

V = Volume Tanah (m<sup>3</sup>)

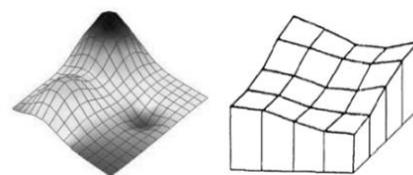
A = Luas hasil potongan (m<sup>2</sup>)

L = Jarak Interval (m)



Gambar 2.7. Volume Metode *Average End Area*

Untuk merepresentasikan statistik bentuk topografi yang kontinyu dari koordinat yang diketahui maka data tersebut bisa direpresentasikan dengan beberapa metode salah satunya adalah *Grid-Based Modeling* dimana permukaan model digital terbentuk dari grid yang menghubungkan titik-titik DTM (Lama, dkk., 2019).

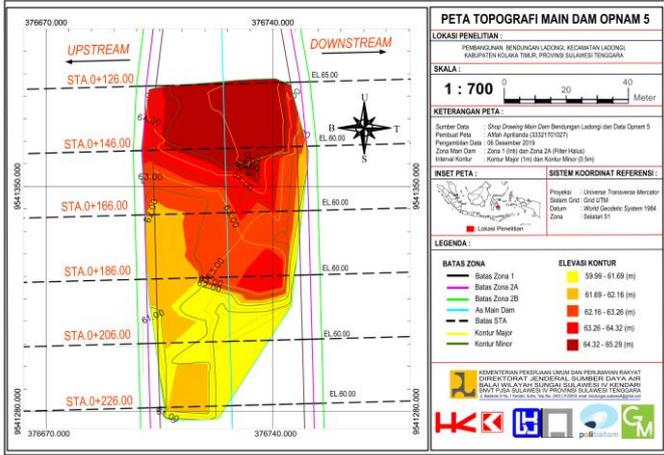


Gambar 2.8. *Grid-Based Modelling*

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini hasil dan pembahasan merupakan hasil pengolahan data dari data opnam 5 sampai dengan opnam 9 yang disajikan dalam Peta Topografi serta *cross section* dan *cut and fill* timbunan *main dam*.

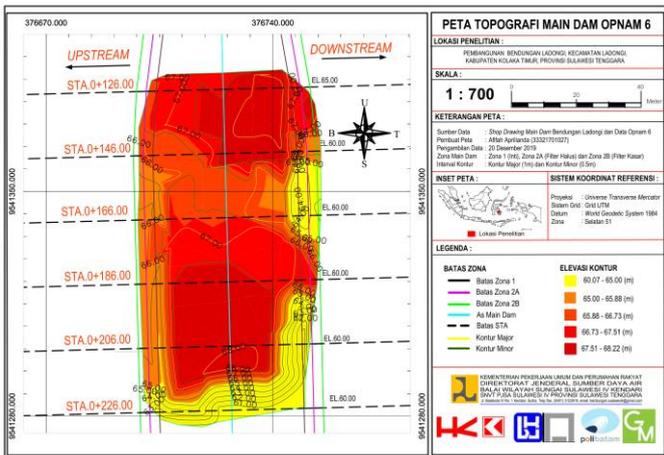
#### 3.1. Peta Topografi



Gambar 3.1. Peta Topografi Main Dam Opnam 5

Peta Topografi *Main Dam* Opnam 5 terdiri dari timbunan zona 1, zona 2A *upstream* dan zona 2A *downstream*. Pengambilan data opnam 5 dilakukan pada 08 Desember 2019 dimana timbunan berada pada STA 0+126 sampai dengan STA 0+226. Elevasi tertinggi dari timbunan opnam 5 yaitu EL.+65.29 meter dengan selisih 5.29 meter dari elevasi terendahnya yaitu EL.+60.00 meter.

Batas zona *main dam* opnam 5 berada pada EL.+60.00 m dengan lebar jarak batas zona 1 dari As bendungan adalah 22.30 meter dan diikuti lebar sebesar 3.00 meter pada masing-masing zona 2A dan 2B baik di *upstream* maupun *downstream*.

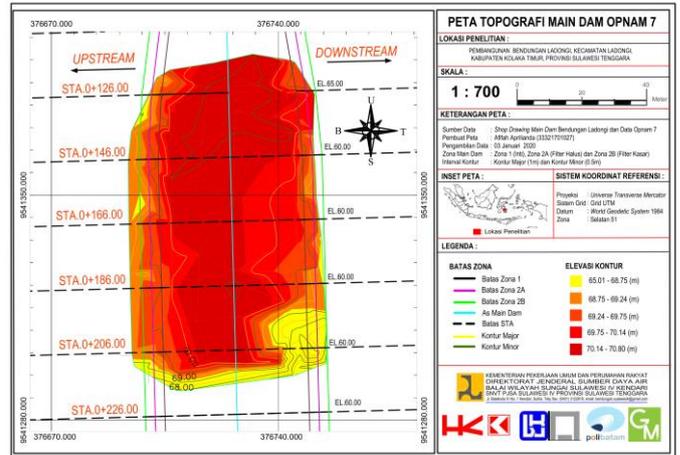


Gambar 3.2. Peta Topografi Main Dam Opnam 6

Peta Topografi *Main Dam* Opnam 6 berada pada STA 0+126.00 m sampai dengan STA 0+226.00 m yang terdiri dari zona 1, zona 2A *upstream*, zona 2A *downstream*, zona 2B *upstream* dan zona 2B *downstream*. Pengambilan data opnam 6 dilakukan pada 20 Desember 2019 dimana

elevasi tertingginya berada di EL.+68.22 meter memiliki selisih 8.15 meter dengan elevasi terendahnya yaitu EL.+60.07.

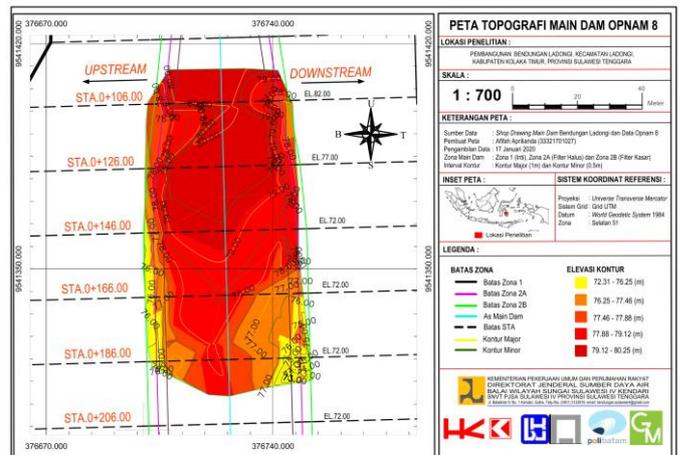
Batas zona *main dam* opnam 6 berada pada EL.+60.00 m dengan lebar jarak batas zona 1 dari As bendungan adalah 22.30 meter dan diikuti lebar sebesar 3.00 meter pada masing-masing zona 2A dan 2B baik di *upstream* maupun *downstream*.



Gambar 3.3. Peta Topografi Main Dam Opnam 7

Peta Topografi *Main Dam* Opnam 7 berada pada STA 0+126.00 m sampai dengan STA 0+206.00 m yang terdiri dari zona 1, zona 2A *upstream*, zona 2A *downstream*, zona 2B *upstream* dan zona 2B *downstream*. Pengambilan data opnam 7 dilakukan pada 03 Januari 2020 dimana elevasi tertingginya berada di EL.+70.80 meter memiliki selisih 5.79 meter dengan elevasi terendahnya yaitu EL.+65.01 m.

Batas zona *main dam* opnam 7 berada pada EL.+60.00 m dan EL. +65.00 m dengan lebar jarak batas zona 1 dari As bendungan adalah 22.30 meter dan 20.798 meter. Sedangkan pada masing-masing zona 2A dan 2B baik di *upstream* maupun *downstream* memiliki lebar zona 3.00 meter.

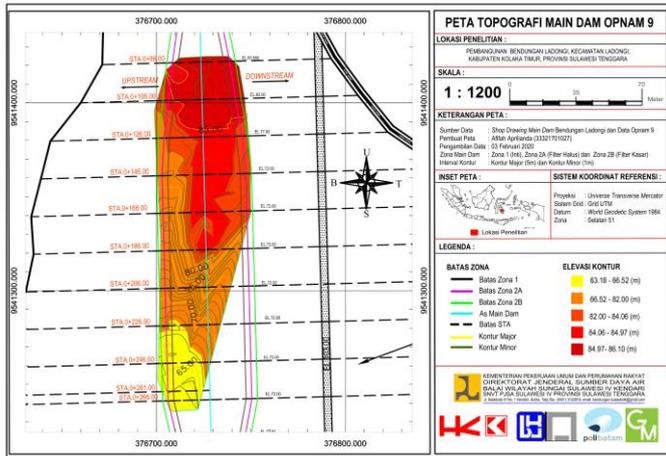


Gambar 3.4. Peta Topografi Main Dam Opnam 8

Peta Topografi *Main Dam* Opnam 8 berada pada STA 0+106.00 m sampai dengan STA 0+186.00 m yang terdiri

dari zona 1, zona 2A *upstream*, zona 2A *downstream*, zona 2B *upstream* dan zona 2B *downstream*. Pengambilan data opnam 8 dilakukan pada 17 Januari 2020 dimana elevasi tertinggi berada di EL.+80.25 meter memiliki selisih 7.94 meter dengan elevasi terendahnya yaitu EL.+72.31 meter.

Batas zona *main dam* opnam 8 berada pada EL.+72.00 m, EL.+77.00 m dan EL.+82.00 m. Sehingga lebar batas zona 1 dari As bendungan juga berbeda-beda yaitu 19.19 meter, 19.19 meter dan 14.70 meter. Sedangkan pada masing-masing zona 2A dan 2B baik di *upstream* maupun *downstream* memiliki lebar zona 3.00 meter.



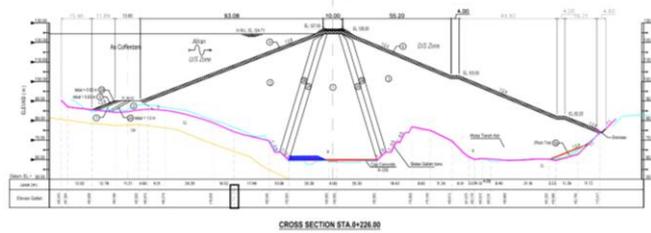
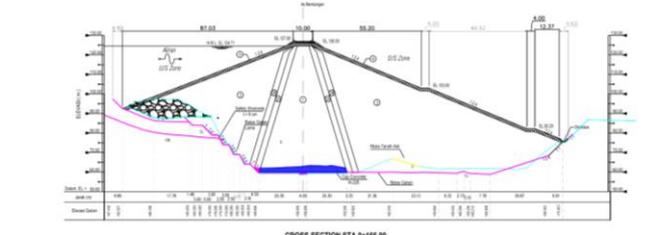
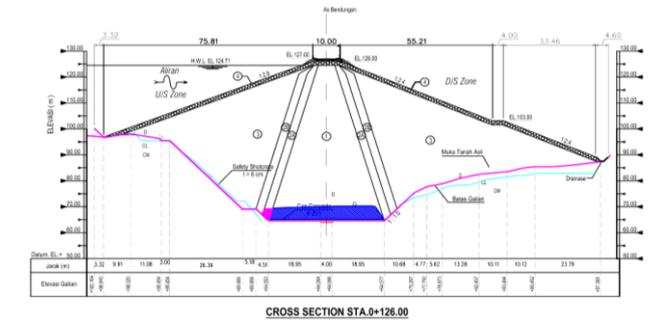
Gambar 3.5. Peta Topografi Main Dam Opnam 9

Peta Topografi *Main Dam* Opnam 9 berada pada STA 0+86.00 m sampai dengan STA 0+266.00 m yang terdiri dari zona 1, zona 2A *upstream*, zona 2A *downstream*, zona 2B *upstream* dan zona 2B *downstream*. Pengambilan data opnam dilakukan pada 03 Februari 2020 dimana elevasi tertinggi berada di EL.+86.10 m meter memiliki selisih 22.92 m dengan elevasi terendahnya yaitu EL.+63.18 m.

Batas zona *main dam* opnam 9 berada pada EL.+83.55 m, EL.+82.00 m, EL.+77.00 m dan EL. 72.00 m. Sehingga lebar batas zona 1 dari As bendungan juga berbeda-beda yaitu 12.164 m, 14.708 m, 17.700 m dan 19.202 m. Sedangkan pada masing-masing zona 2A dan 2B baik di *upstream* maupun *downstream* memiliki lebar zona 3.00 m.

### 3.2. Cross Section Timbunan Main Dam

Pada penelitian ini, *cross section* timbunan *main dam* pada opnam 5 sampai dengan opnam 9 memiliki stasiun dari STA 0+86.00 m sampai dengan STA 0+266.00 m. Jarak pada setiap STA adalah 20 meter.



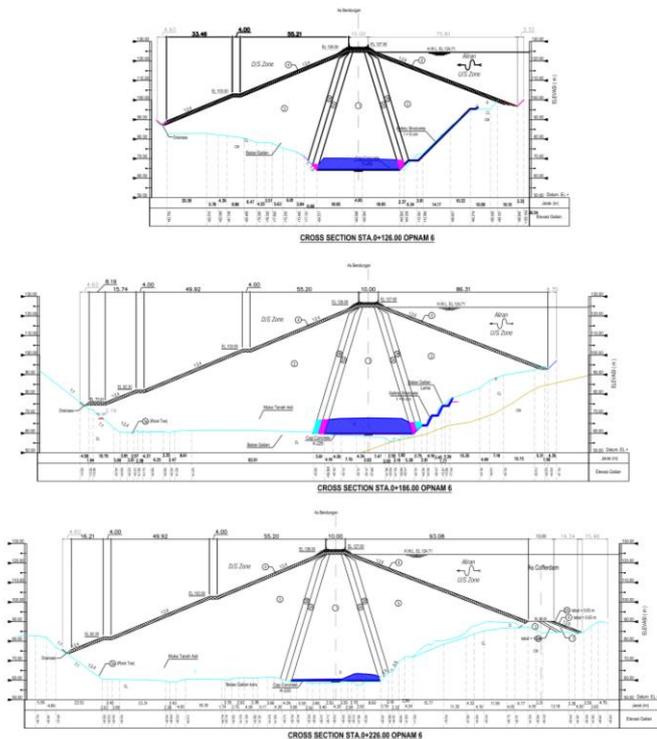
Gambar 3.6. Cross Section Main Dam Opnam 5

Pada *cross section* opnam 5 yang terdiri dari STA 0+126.00 sampai dengan STA 0+206.00 memiliki luas pada setiap stasiunnya sebagai berikut.

Tabel 3.1. Data Cross Section Main Dam Opnam 5

Zona	Stasiun	Jarak (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas Rata-Rata (m <sup>2</sup> )
1	0+126 sampai 0+206	100	888.769	777.96
2A Downstream	0+126 sampai 0+186	60	36.528	29.31
2A Upstream	0+135 sampai 0+146	10.95	13.047	6.52

Dari Tabel 3.1 diketahui luas rata-rata *cross section* pada setiap zona *main dam* berbeda-beda yaitu pada zona 1 seluas 777.96 m<sup>2</sup>, zona 2A *downstream* seluas 29.31 m<sup>2</sup> dan zona 2A *upstream* seluas 6.52 m<sup>2</sup>.



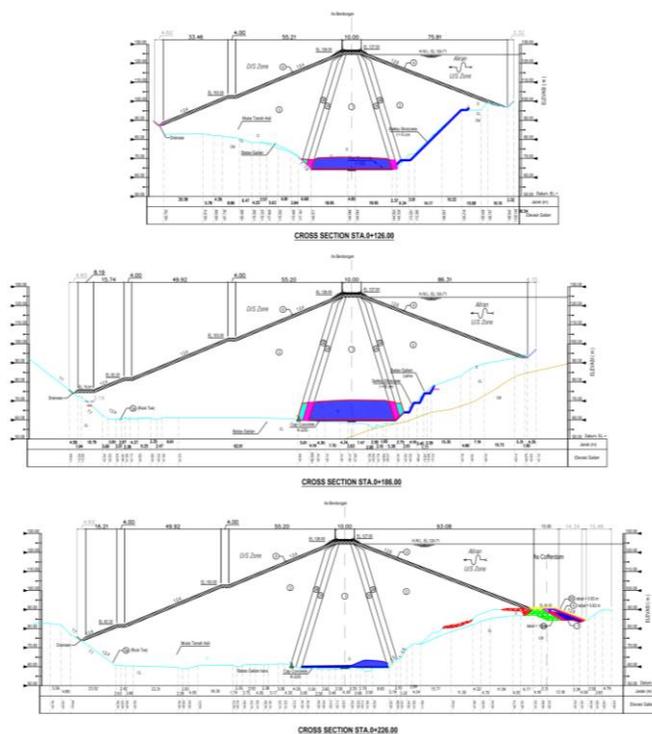
Gambar 3.7. Cross Section Main Dam Opnam 6

Pada *cross section* opnam 6 yang terdiri dari STA 0+126.00 sampai dengan STA 0+226.00 memiliki luas pada setiap stasiunnya sebagai berikut.

Tabel 3.2. Data *Cross Section Main Dam Opnam 6*

Zona	Stasiun	Jarak (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas Rata-Rata (m <sup>2</sup> )
1	0+126 sampai 0+206	100	1465.77	1327.61
2A Downstream	0+126 sampai 0+186	60	56.562	43.61
2A Upstream	0+126 sampai 0+206	80	66.976	55.22
2B Downstream	0+146 sampai 0+186	40	44.082	29.34
2B Upstream	0+126 sampai 0+206	80	33.196	29.12

Dari Tabel 3.2. diketahui luas rata-rata *cross section* pada setiap zona *main dam* berbeda-beda yaitu pada zona 1 seluas 1327.61 m<sup>2</sup>, zona 2A *downstream* seluas 43.61 m<sup>2</sup>, zona 2A *upstream* seluas 55.22 m<sup>2</sup>, zona 2B *downstream* seluas 29.34 m<sup>2</sup> dan zona 2B *upstream* seluas 29.12 m<sup>2</sup>.



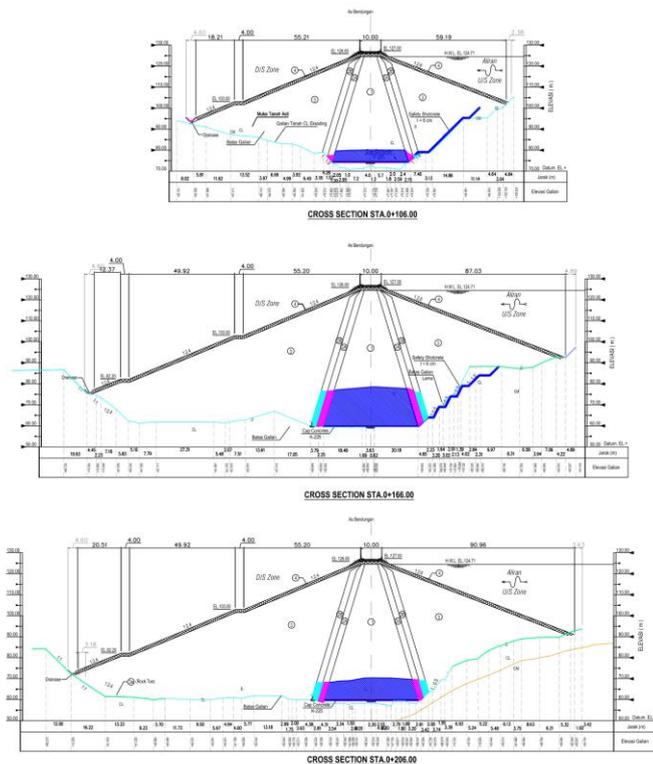
Gambar 3.8. Cross Section Main Dam Opnam 7

Pada *cross section* opnam 7 yang terdiri dari STA 0+126.00 sampai dengan STA 0+206.00 memiliki luas pada setiap stasiunnya sebagai berikut.

Tabel 3.3. Data *Cross Section Main Dam Opnam 7*

Zona	Stasiun	Jarak (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas Rata-Rata (m <sup>2</sup> )
1	0+126 sampai 0+206	80	1912.11	1594.6
2A Downstream	0+126 sampai 0+206	80	123.514	97.17
2A Upstream	0+126 sampai 0+206	80	121.743	90.09
2B Downstream	0+126 sampai 0+206	80	99.752	87.85
2B Upstream	0+146 sampai 0+206	60	69.304	51.87

Dari Tabel 3.3. diketahui luas rata-rata *cross section* pada setiap zona *main dam* berbeda-beda yaitu pada zona 1 seluas 1594.6 m<sup>2</sup>, zona 2A *downstream* seluas 97.17 m<sup>2</sup>, zona 2A *upstream* seluas 90.09 m<sup>2</sup>, zona 2B *downstream* seluas 87.85 m<sup>2</sup> dan zona 2B *upstream* seluas 51.87 m<sup>2</sup>.

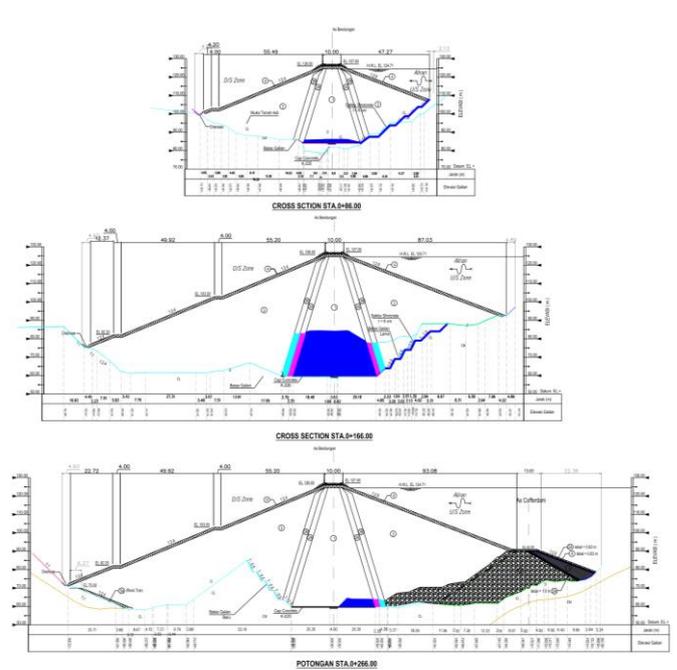


Gambar 3.9. Cross Section Main Dam Opnam 8  
 Pada cross section opnam 8 yang terdiri dari STA 0+106.00 sampai dengan STA 0+186.00 memiliki luas pada setiap stasiunnya sebagai berikut.

Tabel 3.4. Data Cross Section Main Dam Opnam 8

Zona	Stasiun	Jarak (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas Rata-Rata (m <sup>2</sup> )
1	0+106 sampai 0+186	80	688.60	2445.97
2A Downstream	0+106 sampai 0+186	80	193.87	168.24
2A Upstream	0+106 sampai 0+186	80	203.346	174.72
2B Downstream	0+126 sampai 0+186	60	168.379	131.6
2B Upstream	0+126 sampai 0+186	60	152.686	116.61

Dari Tabel 3.4. diketahui luas rata-rata *cross section* pada setiap zona *main dam* berbeda-beda yaitu pada zona 1 seluas 2445.97 m<sup>2</sup>, zona 2A *downstream* seluas 168.24 m<sup>2</sup>, zona 2A *upstream* seluas 174.72 m<sup>2</sup>, zona 2B *downstream* seluas 131.6 m<sup>2</sup> dan zona 2B *upstream* seluas 116.61 m<sup>2</sup>.



Gambar 3.10. Cross Section Main Dam Opnam 9

Pada *cross section* opnam 9 yang terdiri dari STA 0+86.00 sampai dengan STA 0+266.00 m memiliki luas pada setiap stasiunnya sebagai berikut.

Tabel 3.5. Data Cross Section Main Dam Opnam 9

Zona	Stasiun	Jarak (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas Rata-Rata (m <sup>2</sup> )
1	0+86 sampai 0+266	80	4627.19	39415.8
2A Downstream	0+106 sampai 0+206	80	295.175	267.41
2A Upstream	0+106 sampai 0+266	80	314.611	295.75
2B Downstream	0+106 sampai 0+206	60	264.047	241.77
2B Upstream	0+106 sampai 0+266	60	263.638	247.98

Dari Tabel 3.5. diketahui luas rata-rata *cross section* pada setiap zona *main dam* berbeda-beda yaitu pada zona 1 seluas 39415.8 m<sup>2</sup>, zona 2A *downstream* seluas 267.41 m<sup>2</sup>, zona 2A *upstream* seluas 295.75 m<sup>2</sup>, zona 2B *downstream* seluas 241.77 m<sup>2</sup> dan zona 2B *upstream* seluas 247.98 m<sup>2</sup>.

### 3.3. Cut and Fill Timbunan Main Dam

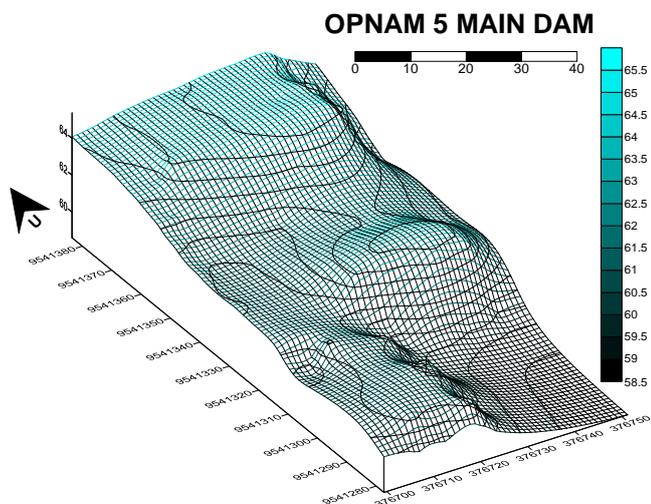
Dari hasil pengolahan data opnam menjadi *cross section* selanjutnya dapat dihitung volume timbunan yang ada menggunakan metode *average end area* (mengalikan jarak STA dengan rata-rata luas *cross section*). Berikut tabel volume *timbunan main dam*.

Tabel 3.6. Volume Timbunan *Main Dam*

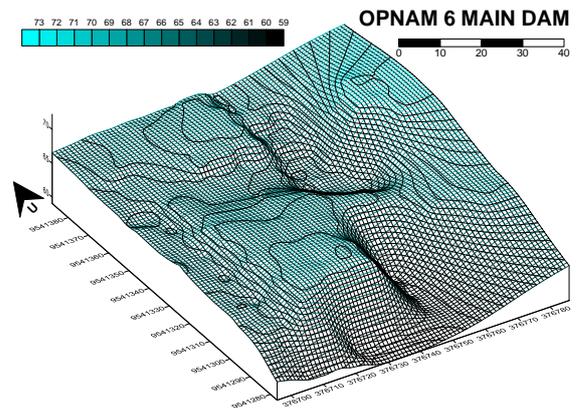
No	Nama	Zona <i>Main Dam</i>	Quantity (m <sup>3</sup> )	Jumlah
1	Opnam 5 (06 Des 19)	1	11,498	11,965
		2A Downstream	395	
		2A Upstream	72	
2	Opnam 6 (20 Des 19)	1	26,553	29,701
		2A Downstream	873	
		2A Upstream	1,105	
		2B Downstream	587	
3	Opnam 7 (03 Jan 20)	2B Upstream	583	43,057
		1	36,516	
		2A Downstream	1,944	
		2A Upstream	1,802	
4	Opnam 8 (17 Jan 20)	2B Downstream	1,757	79,107
		2B Upstream	1,038	
		1	64,561	
		2A Downstream	4,097	
5	Opnam 9 (03 Feb 20)	2A Upstream	4,247	99,378
		2B Downstream	3,300	
		2B Upstream	2,902	
		1	78,318	
			5,349	99,378
			5,915	
			4,836	
			4,960	
Total Volume			263,208	

Dari Tabel 3.6. dapat diketahui volume total pada opnam 5 sebesar 11,965 m<sup>3</sup>, volume opnam 6 sebesar 29,701 m<sup>3</sup>, volume opnam 7 sebesar 43,057 m<sup>3</sup>, volume opnam 8 sebesar 79,107 m<sup>3</sup>, dan volume opna 9 sebesar 99,378 m<sup>3</sup>.

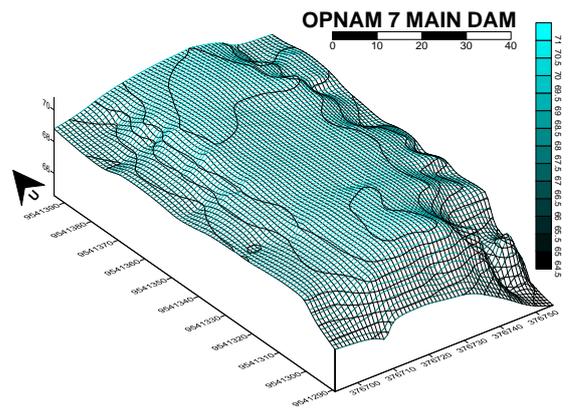
Selain dapat diketahui volume timbunan, data pengukuran situasi *main dam* dapat divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi menggunakan *software Surfer 9*. Dengan menggunakan metode *grid-based modeling* dimana permukaan model digital dibentuk dari grid yang menghubungkan titik-titik DTM. Berikut merupakan representasi dari data situasi opnam 5 sampai dengan opnam 9.



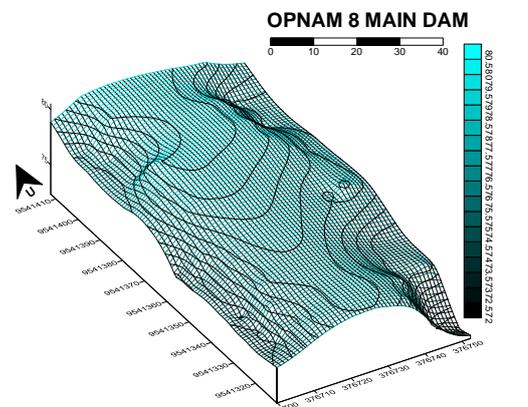
Gambar 3.11. Visualisasi *Grid-Modelling* Opnam 5



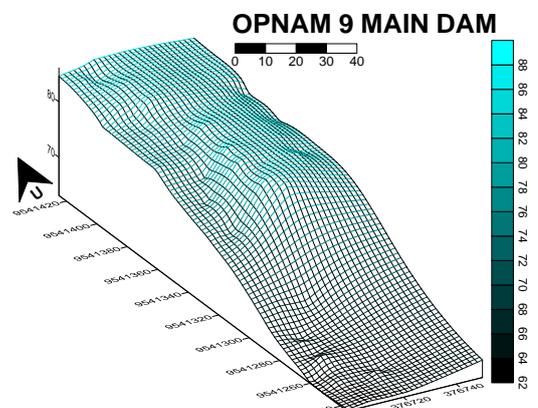
Gambar 3.12. Visualisasi *Grid-Modelling* Opnam 6



Gambar 3.13. Visualisasi *Grid-Modelling* Opnam 7



Gambar 3.14. Visualisasi *Grid-Modelling* Opnam 8



Gambar 3.15. Visualisasi *Grid-Modelling* Opnam 9

#### 4. Kesimpulan

*Survey* berperan penting pada pelaksanaan penentuan dan pengontrolan batas zona penyusun *main dam* yang bertujuan agar penimbunan material bendungan sesuai dengan gambar kerja dan bendungan dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pada penentuan batas zona penyusun *main dam* dilakukan sesuai data teknis bendungan yang selanjutnya dilakukan pelaksanaan di lapangan. Untuk mengontrol batas zona penyusun *main dam* dilakukan dengan menggunakan metode *stake out* dari koordinat batas *main dam* dan menggunakan alat bantu berupa *bowplank* untuk mengontrol kemiringan timbunan (*slope*). Hasil pengukuran situasi *main dam* diolah menjadi Peta Topografi, *cross section* timbunan dan dapat divisualisasikan menjadi tiga dimensi. Pada Peta Topografi Opnam 5 memiliki variasi elevasi +60.00m sampai dengan elevasi +65.29 m dan volume timbunannya sebesar 11,965 m<sup>3</sup>. Pada Peta Topografi Opnam 6 memiliki variasi elevasi +60.07m sampai elevasi +68.22 m dan volume timbunannya sebesar 29,701 m<sup>3</sup>. Peta Topografi Opnam 7 memiliki elevasi terendah +65.01 m sampai elevasi tertinggi + 70.80 m dan volume timbunannya sebesar 43,057 m<sup>3</sup>. Pada Peta Topografi Opnam 8 memiliki variasi elevasi +72.31m sampai dengan elevasi +80.25 m dan volume timbunannya sebesar 79,107 m<sup>3</sup>. Dan Peta Topografi Opnam 9 memiliki elevasi terendah +63.18 m sampai dengan elevasi +86.10 m dan volume timbunannya sebesar 99,378 m<sup>3</sup>.

#### 5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

#### 6. Referensi

Adi, W. T., & Aghastya, A. (2017). Penggunaan Total Station dan AutoCAD Civil 3D Untuk Perencanaan Grading. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, 1(2), hal 149-159.

Asiyanto. (2011). *Metode Konstruksi Bendungan*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).

Balai Keamanan Bendungan, Direktorat Bina Teknik, & Ditjen Sumber Daya Air. (2003). *Pedoman Kriteria Umum Desain Bendungan*. Jakarta: Balai Keamanan Bendungan.

Dharmayasa, I. N., Redana, I., & Putra, T. G. (2014). Analisis keamanan lereng Bendungan Utama pada Bendungan Benel di Kabupaten Jembrana. *Jurnal Spektran*.

Kustarto, H., & Hartanto, A. (2012). *Ilmu Ukur Tanah Metode dan Aplikasi Bagian Kedua* (Cetakan Pertama ed.). Malang: PENERBIT DIOMA.

Lama, A. R., Sai, S. S., & Mabrur, A. Y. (2019). Analisis Ketelitian Perhitungan Volume Galian

Menggunakan Data Gridding dan Tanpa Gridding Pada Pekerjaan Bendungan (Studi Kasus: Bendungan Rotiklot, Kabupaten Belu - NTT).

Nasmiarta, Z. M., Hendrawan, A. P., & Saputra, A. W. (2016). Analisa Stabilitas Tubuh Bendungan Pada Perencanaan Bendungan Ladongi Kabupaten Kolaka Timur Sulawesi Tenggara.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2010 *Bendungan*. 18 Februari 2010. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2010 Nomor 45. Jakarta.

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2016 *Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional*. 8 Januari 2016. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 4. Jakarta.

Pemerintah Indonesia. (2010). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2010 Pasal 1 Tentang Bendungan*. Jakarta: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia.

Proyek Bendungan Ladongi. (2019). *Metode Pelaksanaan Penimbunan Tubuh Bendungan*. Kolaka Timur: Utama Karya - Bumi Karsa, KSO;.

PT Wecon. (2016). *Laporan Nota Desain Proyek Pembangunan Bendungan Ladongi*. Kolaka Timur: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Purwaamijaya, I. M. (2008). *Teknik Survey dan Pemetaan Jilid 3*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.

Pusat Pembinaan Kompetensi & Pelatihan Konstruksi. (2011). Materi Pelatihan Berbasis Kompetensi Sektor Konstruksi Sub Sektor Bangunan Gedung. In *Juru Ukur Bangunan Gedung (Stake Out dan Monitoring)* (hal 16-167). Jakarta Selatan: Kementerian Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi.

Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 3 Tahun Tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional*. Jakarta.

Sasongko, R. (2018). *Survey Rekayasa Konstruksi* (Cetakan Pertama). Malang: POLINEMA PRESS.

Sobatnu, F. (2018). *Survei Terrestri* (Cetakan Pertama). Banjarmasin: POLIBAN PRESS.

Soedibyo. (2003). *Teknik Bendungan* (Cetakan Kedua). Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Susetyo, D. B., Yuniar, H. T., & Saputra, L. R. (2013). Standarisasi Aplikasi Survey Pemetaan Terestris Dalam Bidang Konstruksi Struktur Bawah Bangunan. *Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia*.

Suyono, S., & Takeda, K. (1977). *Bendungan Type Urugan* (Cetakan Kedua). Jakarta: PT. PRADNYA PARAMI.