

**PERBANDINGAN KETELITIAN PERHITUNGAN VOLUME  
TIMBUNAN PEMBUATAN TANGGUL SUNGAI MENGGUNAKAN  
METODE KONTUR, *DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM)*,  
DAN METODE MANUAL PADA PROYEK CIUJUNG *PRIORITY CIVIL  
WORK PACKAGE III***

**Tugas Akhir**

**Oleh**

**Nadila Khoirul Zahra  
NPM 2005061017**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2024**

**PERBANDINGAN KETELITIAN PERHITUNGAN VOLUME  
TIMBUNAN PEMBUATAN TANGGUL SUNGAI MENGGUNAKAN  
METODE KONTUR, *DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM)*,  
DAN METODE MANUAL PADA PROYEK CIUJUNG *PRIORITY CIVIL  
WORK PACKAGE III***

**Oleh**

**NADILA KHOIRUL ZAHRA**

**Tugas Akhir**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
AHLI MADYA TEKNIK**

**Pada**

**Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan  
Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### PERBANDINGAN KETELITIAN PERHITUNGAN VOLUME TIMBUNAN PEMBUATAN TANGGUL SUNGAI MENGGUNAKAN METODE KONTUR, *DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM)*, DAN METODE MANUAL PADA PROYEK CIUJUNG *PRIORITY CIVIL WORK PACKAGE III*

Oleh

**Nadila Khoirul Zahra**

Banjir yang terjadi di Jalan Tol Jakarta-Merak di Desa Undar Andir pada 10 Januari 2013 menyebabkan banyak kerugian. Solusi untuk mengurangi risiko banjir adalah pembangunan tanggul di DAS Ciujung, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Kajian ini akan melakukan perbandingan dengan berbagai metode perhitungan volume timbunan. Hasil perbandingan ini akan menunjukkan ketelitian dan perbedaan selisih antara metode yang mendukung pembangunan tanggul yang efektif.

Tugas Akhir ini bertujuan untuk menghitung volume dan mengevaluasi perbedaan antara hasil volume timbunan yang dihitung menggunakan metode kontur, *Digital Elevation Model (DEM)*, dan metode manual dengan volume asli. Dengan demikian, penelitian ini dimaksudkan untuk menilai tingkat ketelitian dari setiap metode dalam menghitung volume timbunan dan memungkinkan perbandingan yang akurat antara hasil-hasil tersebut.

Lokasi penelitian adalah Proyek Ciujung *Priority Civil Work Package III* di Desa Undar Andir, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Penulis ingin melakukan penelitian menggunakan tiga metode perhitungan volume yaitu, metode kontur, *Digital Elevation Model (DEM)*, dan metode manual. Hasil dari metode kontur menghasilkan volume timbunan sebesar 171.692,68 m<sup>3</sup> dengan selisih sebesar 530,86 m<sup>3</sup> (0,31%) terhadap volume asli, DEM menghasilkan volume timbunan sebesar 171.654,40 m<sup>3</sup> dengan selisih sebesar 492,58 m<sup>3</sup> (0,29%) terhadap volume asli, dan metode manual menghasilkan volume timbunan sebesar 171.449,45 m<sup>3</sup> dengan selisih sebesar 287,63 m<sup>3</sup> (0,17%) terhadap volume asli.

Kata Kunci: Perhitungan Volume, Metode Kontur, *Digital Elevation Model (DEM)*, Metode Manual.

## ***ABSTRACT***

### ***COMPARISON OF ACCURACY OF VOLUME CALCULATIONS RIVER EMPHAMENT MANUFACTURING USING THE CONTOUR METHOD, DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM), AND MANUAL METHODS IN THE CIUJUNG PRIORITY CIVIL WORK PACKAGE PROJECT III***

***By***

**Nadila Khoirul Zahra**

The flood that occurred on the Jakarta-Merak Toll Road in Undar Andir Village on January 10 2013 caused many losses. The solution to reduce the risk of flooding is the construction of embankments in the Cijung watershed, Serang Regency, Banten Province. This study will carry out calculations using various methods for calculating embankment volume. The results of this comparison will show the accuracy and differences between methods that support effective embankment construction. This final project aims to calculate the volume and reveal the differences between the embankment volume results calculated using the contour method, Digital Elevation Model (DEM), and manual methods with the original volume. Thus, this research is intended to assess the level of accuracy of each method in calculating embankment volume and enable accurate measurements of these results. The research location is the Cijung Package III Priority Civil Works Project in Undar Andir Village, Serang Regency, Banten Province. The author wants to conduct research using three volume calculation methods, namely, the contour method, Digital Elevation Model (DEM), and manual methods. The results of the contour method produce an embankment volume of 171,692.68 m<sup>3</sup> with a difference of 530.86 m<sup>3</sup> (0.31%) to the original volume, DEM produces an embankment volume of 171,654.40 m<sup>3</sup> with a difference of 492.58 m<sup>3</sup> (0.29% ) to the original volume, and the manual method produces an embankment volume of 171,449.45 m<sup>3</sup> with a difference of 287.63 m<sup>3</sup> (0.17%) to the original volume.

**Keywords:** Volume Calculation, Contour Method, Digital Elevation Model (DEM), Manual Method.

**LEMBAR PENGESAHAN**

Judul Tugas Akhir : **Perbandingan Ketelitian Perhitungan Volume  
Timbunan Pembuatan Tanggul Sungai  
Menggunakan Metode Kontur, *Digital Elevation  
Model (DEM)*, Dan Metode Manual Pada Proyek  
*Ciujung Prioity Civil Work Package III***

Nama Mahasiswa : **Nadila Khoirul Zahra**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2005061017

Program Studi : D3 Survei dan Pemetaan

Fakultas : Teknik



Pembimbing 1

Pembimbing 2

**Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM**  
NIP 19641012 199203 1 002

**Dr. Fajriyanto. S.T., M.T.**  
NIP 19720302 200604 1 002

**MENGETAHUI**

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

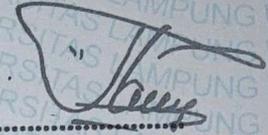
**Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM**  
NIP 19641012 199203 1 002

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

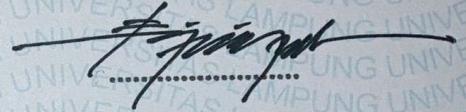
Ketua

: **Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM**



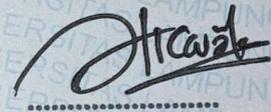
Sekretaris

: **Dr. Fajriyanto. S.T., M.T.**



Penguji

: **Rahma Anisa, ST., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.,**

**NIP 19750928 200112 1 002**

**Tanggal lulus ujian : 10 Juli 2024**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis Dilahirkan di Lampung Tengah pada tanggal 7 Juni 2002 sebagai anak ke 3 (tiga) dari 4 (empat) bersaudara dari pasangan Ayahanda Untung Puji Nartoyo dan Ibu Wati dengan alamat di Bandar Agung, Lampung Tengah.

Penulis memulai pendidikan dasarnya di SDN 2 Bandar Agung, Lampung Tengah pada tahun 2008 dan menyelesaikannya pada tahun 2014. Kemudian, pada tahun yang sama, penulis melanjutkan ke sekolah menengah pertama (SMP) di SMPN 3 Natar, dan menyelesaikan pendidikan tersebut pada tahun 2017. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat sekolah menengah kejuruan (SMK) di SMK Negeri 2 Bandar Lampung, dan menyelesaikan studi pada tahun 2020. Pada tahun yang sama, penulis mendaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik di Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis juga aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Geodesi (HIMAGES) Universitas Lampung, pada periode 2022-2023. Saya juga melakukan kerja praktik lapangan di PT. PP (Persero) Tbk yang berlokasi di Kampung Pasir Binong, Desa Dukuh, Kecamatan Kragilan, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Pada tahun 2024, saya menjalankan Tugas Akhir (TA) dengan judul "Perbandingan Ketelitian Perhitungan Volume Timbunan Pembuatan Tanggul Sungai Menggunakan Metode Kontur, *Digital Elevation Model* (DEM), dan Metode Manual".

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Pernyataan ini dibuat oleh Nadila Khoirul Zahra dengan Nomor Pokok Mahasiswa (NPM) 2005061017. Saya menyatakan bahwa semua yang tertulis dalam Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya peroleh. Karya ilmiah ini berisi materi yang saya buat sendiri dengan referensi kepada beberapa sumber seperti buku, jurnal, dan lain-lain yang telah dipublikasikan sebelumnya. Dengan kata lain, ini bukan merupakan hasil dari plagiat karya orang lain. Saya membuat pernyataan ini dengan kesadaran penuh dan tanpa paksaan, serta siap untuk bertanggung jawab jika terdapat kecurangan dalam karya ini di kemudian hari.

Bandar Lampung, 23 April 2024

Yang Membuat Pernyataan



**Nadila Khoirul Zahra**

## **MOTTO**

Sukses Dunia dan Akhirat

## PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Mengucap syukur kepada Allah SWT.

Kupersembahkan karya kecilku ini untuk :

Untuk Kedua Orang Tuaku tercinta terima kasih telah sabar membesarkan,  
mendidik, dan menyayangi saya dengan tulus serta selalu mendoakan kesuksesan  
saya.

Kakak dan adik yang selalu memberikan dukungan penuh hingga saya  
menyelesaikan studi di bidang Teknik Geodesi ini.

Rekan-rekan di bidang Teknik Geodesi yang telah memberi dukungan selama  
saya belajar di Teknik Geodesi.

Tidak lupa, terima kasih kepada almamater tercinta Universitas Lampung, tempat  
saya belajar dan menimba ilmu.

## SANWACANA

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan yang berjudul **"Perbandingan Ketelitian Perhitungan Volume Timbunan Pembuatan Tanggul Sungai Menggunakan Metode Kontur, *Digital Elevation Model* (DEM), dan Metode Manual pada Proyek *Ciujung Priority Civil Work Package III*"** sebagai syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) pada program studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis mendapat bantuan baik tenaga dan pikiran. Maka dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu terutama kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika sekaligus Ketua Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan Fakultas Teknik Universitas Lampung serta selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan waktunya dalam laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T., Sebagai pembimbing II, terima kasih atas masukan, saran, dan waktu yang telah berikan.
4. Ibu Rahma Anisa, ST., M.Eng., selaku penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran mulai dari seminar awal hingga ujian akhir.
5. Bapak dan ibu selaku orang tua tercinta yang selalu memberikan doa, cinta kasih, kepercayaan serta kasih sayang kepada penulis.

6. Adik dan kakak penulis, yang selalu memberikan doa, motivasi dan semangat kepada penulis.
7. Joko Romadhon, yang telah memberi saran, semangat, dan dukungan kepada penulis.
8. Untuk tim surveyor Bapak Yunus Dwi Putra, Bapak Muhammad Yani, Bapak Robi Purwanto, terimakasih sudah banyak membantu dalam melaksanakan kegiatan Kerja Praktik.
9. Teman-teman D3 Teknik Survey dan Pemetaan 2020. Terima kasih atas kebersamaan kita selama ini. Terima kasih telah berjuang bersama selama di kampus. Kelak kita akan merindukan kebersamaan ini.
10. Terakhir, kepada diri ku sendiri “Nadila Khoirul Zahra” terima kasih telah berjuang sejauh ini.

Bandar Lampung, 23 April 2024

Penulis,

**Nadila Khoirul Zahra**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Tanggul .....	4
2.2 Galian dan Timbunan .....	4
2.3 Pengukuran Topografi.....	5
2.4 <i>Digital Elevation Model</i> (DEM) .....	5
2.5 <i>Inverse Distance Weighting</i> (IDW).....	6
2.6 Kontur.....	7
2.7 Interpolasi Kontur .....	7
2.8 Perhitungan Volume.....	8
2.8.1 Metode 2 Penampang ( <i>Cross Section</i> ).....	8
2.8.2 Metode Kontur .....	9
2.8.3 Data DEM Menggunakan IDW .....	10
<b>III. PELAKSANAAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>11</b>
3.1 Waktu dan Tempat Tugas Akhir .....	11
3.2 Alat dan Bahan .....	12
3.3 Diagram Alir .....	13
3.4 Tahap Pengumpulan Data .....	14
3.5 Tahap Pengolahan Data.....	14
3.5.1 Proses Pembuatan Kontur .....	14
3.5.2 Perhitungan Volume Dengan Metode Kontur.....	15
3.5.3 Proses <i>Inverse Distance Weighting</i> (IDW) .....	15
3.5.4 Perhitungan Volume DEM menggunakan IDW .....	16
3.5.5 Proses Perhitungan Luas Penampang Melintang .....	17
3.5.6 Perhitungan Volume Dengan Metode Penampang Melintang....	17
3.5.7 Perbandingan Perhitungan Volume Timbunan .....	17

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>19</b>
4.1 Hasil Pembuatan Kontur .....	19
4.2 Hasil Interpolasi <i>Inverse Distance Weigting (IDW)</i> .....	20
4.3 Hasil Perhitungan Volume Metode Kontur.....	21
4.4 Hasil Perhitungan Volume DEM Menggunakan IDW .....	22
4.5 Hasil Perhitungan Volume Metode Manual.....	23
4.6 Persentase Perbandingan Hasil Volume.....	29
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>30</b>
5.1 Kesimpulan .....	30
5.2 Saran.....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>31</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Perhitungan Volume .....	9
Gambar 2. Metode Kontur .....	9
Gambar 3. Lokasi Studi Tugas Akhir .....	11
Gambar 4. Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir.....	13
Gambar 5. Hasil Pembuatan Kontur .....	19
Gambar 6. <i>Hasil Inverse Distance Weigting (IDW)</i> .....	20
Gambar 7. Hasil Perhitungan Volume Metode Kontur.....	21
Gambar 8. Perhitungan Volume DEM menggunakan IDW .....	22

**DAFTAR TABEL**

Tabel	Halaman
1. Perhitungan Volume Metode Manual .....	23
2. Persentase Perbandingan Perhitungan Volume.....	29
3. Grafik Perbandingan Perhitungan Volume .....	29

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sungai adalah salah satu sumber air yang paling sering digunakan dan bertanggung jawab untuk menyediakan air bersih bagi masyarakat. Daerah aliran sungai (DAS) Ciujung di Provinsi Banten adalah salah satu dari banyak DAS di Indonesia. Namun, karena perubahan lingkungan, perubahan tata guna lahan, dan pertumbuhan penduduk yang cepat, sungai seringkali tidak berfungsi sebagaimana seharusnya. Perubahan ini meningkatkan risiko bencana banjir yang dapat menyebabkan kerugian besar. Banjir melanda jalan tol di KM-58 Jakarta-Merak di Desa Undar Andir di Kabupaten Serang pada 10 Januari 2013, ribuan rumah terendam dan beberapa orang meninggal (Purnanto, 2012).

Membangun tanggul sungai adalah salah satu solusi umum untuk mengatasi masalah ini. Tanggul sungai pencegah banjir Sungai Ciujung adalah proyek infrastruktur di Kabupaten Serang, Provinsi Banten, Indonesia. Tujuan pembuatan tanggul ini adalah untuk mengontrol tinggi permukaan air sungai dan mencegah banjir yang melanda wilayah disekitarnya.

Salah satu komponen penting dalam pembangunan tanggul sungai adalah penimbunan di sekitar pesisir sungai. Banyak proyek pengukuran berkonsentrasi pada perhitungan dan pelaksanaan timbunan di lapangan, seringkali dalam skala besar.

Kajian ini menggunakan data dari desain rencana timbunan tanggul sungai dan data situasi elevasi tanah asli yang akan digunakan untuk menghitung volume timbunan tanggul sungai pada lokasi tersebut. Oleh karena itu, untuk

menghitung volume timbunan tanggul sungai, penulis menggunakan data elevasi permukaan tanah asli dan desain rencana dengan menggunakan metode kontur, *Digital Elevation Model* (DEM), dan metode manual pada proyek pembangunan tanggul pencegah banjir di Sungai Ciujung Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Selanjutnya, volume asli dan hasil perhitungan akan dibandingkan untuk mengetahui perbedaan antara keduanya. Tujuan perbandingan volume ini adalah untuk mengetahui apakah hasil perhitungan volume menggunakan metode kontur, DEM, dan metode manual sebanding dengan volume sebenarnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari kegiatan ini adalah bagaimana perhitungan volume timbunan tanggul sungai dalam proyek Ciujung *Priority Civil Work Package III* sepanjang 2 km menggunakan metode kontur, DEM, dan metode manual yang hasil hitungannya akan dibandingkan dengan volume asli dari PT PP (Persero) Tbk.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah menghasilkan perhitungan ketelitian volume dan menentukan selisih dari hasil volume timbunan tanggul sungai menggunakan metode kontur, DEM, dan metode manual sehingga hasilnya dapat dibandingkan dengan volume asli dari PT PP (Persero) Tbk.

## **1.4 Manfaat**

Dengan merujuk pada tujuan Tugas Akhir tersebut, kegiatan ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai perbandingan antara metode kontur, DEM, dan metode manual dalam perhitungan volume timbunan tanggul sungai pada Proyek Ciujung *Priority Civil Work Package III*, dengan membandingkan hasilnya terhadap volume asli dari PT PP (Persero) Tbk.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini mencakup hal-hal berikut:

1. Kegiatan Tugas Akhir ini dilakukan di kabupaten Serang Provinsi Banten.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data koordinat situasi  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  permukaan tanah asli dan data permukaan tanah rencana.
3. Pekerjaan dalam Tugas Akhir hanya memfokuskan pada perhitungan volume pekerjaan timbunan tanggul sungai.
4. Melakukan perbandingan hasil perhitungan volume timbunan tanggul sungai pada proyek Ciujung *Priority Civil Work Package III* dengan menggunakan metode kontur, *Digital Elevation Model (DEM)*, dan metode manual.
5. Menentukan keakuratan metode perhitungan volume dengan menggunakan metode kontur, *Digital Elevation Model (DEM)*, dan metode manual, untuk mengetahui mana yang hasilnya paling mendekati volume asli dari PT PP (Persero) Tbk.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanggul

Tanggul adalah jenis infrastruktur sungai yang dibuat untuk menahan volume air banjir dari sungai. Tanggul memiliki peran penting karena di banyak tempat, permukaan air sungai selama banjir bisa lebih tinggi daripada daerah sekitarnya. Tujuan utama pembangunan tanggul adalah untuk mencegah terjadinya banjir di dataran yang berdekatan dengan sungai dan untuk mengarahkan aliran air sungai agar tidak merusak struktur tanggul akibat banjir (Latifulloh, 2020).

Tanggul sungai sangat penting untuk melindungi orang dan properti dari banjir dan badai, termasuk gelombang pasang. Tanggul-tanggul ini biasanya dibangun dengan metode urugan tanah karena mereka adalah struktur kontinu yang panjang dan membutuhkan banyak bahan urugan. Metode ini dipilih karena sangat efisien dan efektif dalam pembangunan tanggul yang berlangsung lama (Taufiqullah, 2022).

### 2.2 Galian dan Timbunan

Proses mengambil tanah dari satu tempat dan kemudian menemukannya di tempat lain dikenal sebagai galian dan timbunan. Pengukuran yang akurat diperlukan sebelum proses lapangan dimulai (Makmur, 2021). Pada lahan yang memiliki kemiringan, proses *cut and fill* sering digunakan untuk memudahkan proyek pembangunan. Proses ini merupakan dasar pemotongan lahan yang mencakup infrastruktur, kawasan industri, dan proyek perumahan (Gultom dkk., 2022).

Perencanaan galian dan timbunan sangat penting untuk memastikan jumlah tanah yang digali dan ditimbun seimbang serta mengurangi biaya transportasi. Perencanaan ini biasanya dimulai dengan pengukuran di lokasi lahan, yang kemudian digunakan untuk membuat peta situasi dengan garis-garis kontur (Pratama, 2017).

### **2.3 Pengukuran Topografi**

Survei topografi menentukan posisi objek buatan manusia dan alami di lapangan. Survei topografi juga digunakan untuk mengetahui bentuk medan atau permukaan tanah. Seorang surveyor harus memiliki keahlian khusus dalam proses pemetaan bentuk muka bumi ini, dan pekerjaan seorang surveyor yang melakukan survei topografi biasa disebut sebagai survei topografi (Uguy dan Pangalila, 2022).

Tujuan dari survei topografi adalah untuk mengumpulkan data tentang permukaan tanah di lokasi proyek, termasuk elevasi, karakteristik fisik tanah, dan lokasi objek buatan dan alami. Survei topografi adalah bagian penting dari proses pembuatan peta topografi. Peta topografi adalah peta yang menunjukkan sebagian permukaan bumi secara keseluruhan dengan bentuk relief yang disesuaikan dengan ketinggian dan sistem proyeksi (Basuki, 2011).

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

Model digital yang menyediakan informasi tentang bentuk permukaan bumi atau topografi dalam bentuk data raster, vektor, atau format data lainnya dikenal sebagai *Digital Elevation Model (DEM)* (Trisakti, 2010). DEM memiliki data ketinggian dan kemiringan, yang memudahkan interpretasi dan relevan untuk berbagai situasi. Dalam konteks mitigasi bencana, DEM dapat digunakan untuk membuat peta rawan bencana seperti banjir dan tanah longsor. DEM bermanfaat dalam manajemen sumber daya untuk menentukan lokasi penambangan (Handayani, 2016).

DEM biasanya didefinisikan sebagai data digital yang menggambarkan permukaan Bumi menggunakan algoritma yang menggunakan kumpulan koordinat untuk menentukan bentuk permukaan tersebut (Rosytha dan Taufik, 2011). Data DEM sangat penting untuk berbagai kegiatan, seperti perencanaan tata ruang wilayah, koreksi geometrik citra, pemetaan wilayah yang rawan bencana seperti banjir, tsunami, longsor, dan gunung api, dan pembuatan peta topografi. DEM mengandung informasi tentang koordinat X, Y, dan Z (Septio, 2021).

## **2.5 *Inverse Distance Weighting (IDW)***

*Inverse Distance Weighting (IDW)* adalah metode interpolasi yang digunakan untuk memperkirakan nilai di lokasi yang tidak diukur berdasarkan data dari lokasi sekitarnya. Metode ini sering digunakan dalam kegiatan eksplorasi karena perhitungannya relatif sederhana dan mudah dipahami (Purnomo, 2018).

Metode IDW cukup efektif untuk menduga nilai sampel di suatu lokasi. Penerapan interpolasi IDW dapat memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan metode lain, sehingga metode ini lebih tepat untuk digunakan dalam interpolasi spasial. Salah satu keunggulan IDW adalah kemampuan untuk mengontrol karakteristik interpolasi dengan membatasi titik-titik masukan yang digunakan dalam proses. Titik-titik yang jauh dari sampel dan diperkirakan memiliki korelasi spasial kecil atau tidak ada korelasi spasial sama sekali dapat dikeluarkan dari perhitungan. Titik-titik yang digunakan dapat dipilih langsung atau berdasarkan jarak yang akan diinterpolasi. Namun, kelemahan dari IDW adalah ketidakmampuannya mengestimasi nilai di atas maksimum atau di bawah minimum dari titik-titik sampel (Pramono, 2008).

## 2.6 Kontur

Garis kontur adalah garis khayal yang menghubungkan dua titik dengan ketinggian yang sama. Peta kontur menggunakan garis kontur untuk menggambarkan berbagai bentuk alami permukaan bumi (Rahmat, 2018). Banyak orang menggunakan garis kontur untuk melukiskan bentuk permukaan tanah dan ketinggian pada peta karena memberikan ketelitian yang lebih baik. Tujuan pembuatan garis kontur pada peta adalah untuk menunjukkan naik dan turunnya keadaan permukaan tanah (Purmaawijaya, 2008).

Selain itu, garis kontur dapat digunakan untuk menunjukkan kemiringan tanah, irisan profil memanjang, dan profil melintang permukaan tanah. Garis kontur juga dapat digunakan untuk menghitung perhitungan galian dan timbunan (*cut and fill*) permukaan tanah asli terhadap pekerjaan bangunan (Ahmad dkk., 2018).

## 2.7 Interpolasi Kontur

Akan lebih mudah dan halus jika garis kontur ditarik berdasarkan posisi atau ketinggian titik. Ini dilakukan dengan menggunakan perhitungan interpolasi. Dengan kata lain, garis kontur ditarik jika titik detail yang dikumpulkan belum menghasilkan titik dengan ketinggian yang sama. Data yang diperlukan untuk melakukan interpolasi garis kontur adalah jarak antara dua titik tinggi di atas peta, yaitu posisi garis kontur yang melewati garis penghubung antara kedua titik tinggi ini, atau jarak garis kontur terhadap posisi titik pertama atau kedua (Purmaawijaya, 2008).

$$\frac{P-P_0}{P_1-P_0} \times D \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- P : Titik yang akan dicari ketinggiannya
- P<sub>0</sub> : Titik dengan nilai terkecil
- P<sub>1</sub> : Titik dengan nilai terbesar
- D : Jarak antar titik tinggi

## 2.8 Perhitungan Volume

Perhitungan volume sangat penting dalam pekerjaan penggalian dan penimbunan tanah karena berkaitan dengan volume tanah yang perlu digali atau ditimbun sesuai dengan rencana proyek. Volume tanah yang dimaksud di sini mencakup perhitungan material galian yang memiliki karakteristik padat atau penggalian serta penimbunan tanah pada suatu lokasi (Fauzan dkk., 2021).

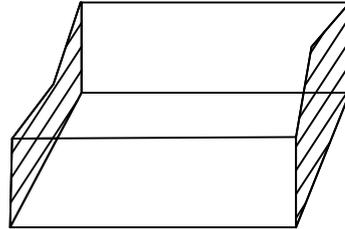
Dalam perencanaan pengelolaan proyek konstruksi, penentuan volume tanah sangat penting, terutama dalam hal galian dan timbunan, seperti pembangunan jalan, gedung, bendungan, atau infrastruktur lainnya. Perhitungan volume tanah yang tepat sangat penting untuk memastikan pengeluaran sumber daya dan material yang efisien dalam proyek konstruksi serta untuk menghindari masalah seperti kelebihan atau kekurangan material tanah yang diperlukan (Taneo, 2022). Untuk mengetahui volume tanah ada beberapa metode yang umum digunakan yaitu, metode 2 penampang (*cross section*), metode kontur dan *Digital Elevation Model* (DEM).

### 2.8.1 Metode 2 Penampang (*Cross Section*)

Dengan mengetahui luas dua penampang terlebih dahulu, maka akan dapat mengetahui volume tanah yang terletak antara keduanya. Rumus perhitungan luas berikut telah disederhanakan untuk menentukan luas konstruksi yang bersifat memanjang dengan bentuk tampang yang seragam, lebar formasi, dan kemiringan sisi timbunan. Rumus ini telah disesuaikan dengan bentuk kondisi *cross section* yang memiliki penampang sederhana yang mungkin terjadi di lapangan (Lestari dkk., 2023).

Volume tanah antara dua penampang (*cross section*) dapat dihitung dengan mengalikan luas A1 dan A2 dengan wakil tinggi atau jarak (d). Hal ini dilakukan dengan mengetahui luas dari penampang pertama (Purwati, 2020). Untuk proyek dengan orientasi memanjang, seperti

perencanaan jalan raya, jalur kereta api, saluran, tanggul sungai, penggalian pipa, dan sebagainya, metode pemotongan melintang sangat cocok.



Gambar 1. Perhitungan Volume (Yuwono 2013)

Dalam metode *cross section*, rumus perhitungan volume biasanya diwakili dengan persamaan berikut:

$$V = \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) d \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

V : Volume

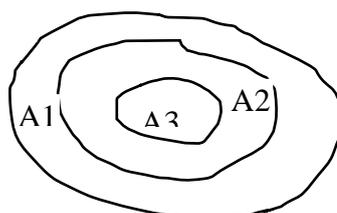
A1 : Luas penampang 1 (luas area 1)

A2 : Luas penampang 2 (luas area 2)

d : Jarak antar penampang 1 dan 2

### 2.8.2 Metode Kontur

Pada peta, garis kontur adalah garis yang menghubungkan lokasi dengan ketinggian yang sama sehingga bidang yang dibentuk oleh garis tersebut akan menjadi bidang datar. Menghitung volume peta dengan garis kontur adalah proses yang serupa dengan menghitung volume peta dengan penampang melintang. Di sini, setiap penampang adalah area yang dibatasi oleh garis kontur tertentu. Interval garis kontur, atau perbedaan ketinggian antara dua garis kontur yang berdekatan, juga merupakan jarak antar penampang (Cahyanto, 2017).



Gambar 2. Metode Kontur (Yuwono, 2013)

Untuk menghitung volume dengan menggunakan garis kontur dapat menggunakan rumus berikut:

$$V = \left( \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n} \right) \times ((n - 1) \times d) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

V : Volume (m<sup>3</sup>)

A : Luas penampang (m<sup>2</sup>)

d : Interval kontur (m)

### 2.8.3 Data DEM Menggunakan IDW

Metode interpolasi yang digunakan untuk memperkirakan nilai di lokasi yang tidak diukur berdasarkan data dari lokasi sekitarnya adalah metode IDW setelah melakukan interpolasi tersebut dilanjutkan dengan perhitungan volume dengan data DEM. Data DEM terdiri dari piksel kotak dengan panjang dan lebar yang sama dan memiliki nilai ketinggian. Oleh karena itu, rumus untuk menghitung volume data DEM adalah luas piksel (LP) dikali dengan ketinggiannya (H), dan tentunya akan ada lebih dari satu piksel yang membentuk data raster (Map Vision Indonesia, 2021). Oleh karena itu, rumus untuk menghitung volume data DEM adalah sebagai berikut:

$$V = \sum_{i=1}^n LP \times H \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

V : Volume

i : Indeks penjumlahan

n : Batas atas penjumlahan

LP : Luas piksel

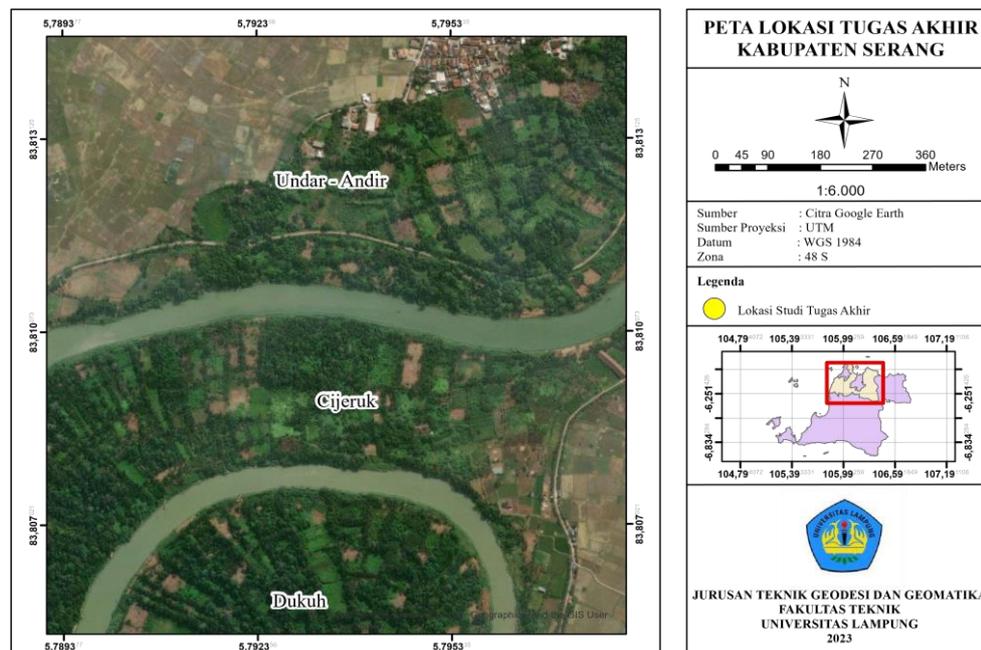
H : Nilai ketinggian piksel

### III. PELAKSANAAN TUGAS AKHIR

#### 3.1 Waktu dan Tempat Tugas Akhir

Lokasi kegiatan ini berada pada proyek Proyek Ciujung *Priority Civil Work Package III* di Desa Undar Andir Kecamatan Kragilan Kabupaten Serang Provinsi Banten.

Berikut adalah deskripsi lokasi Daerah Sungai Ciujung, tempat di mana Tugas Akhir dilaksanakan.



Gambar 3. Lokasi Studi Tugas Akhir

## **3.2 Alat dan Bahan**

Tahap persiapan melibatkan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

### **3.2.1 Perangkat Keras**

Perangkat keras yang digunakan dalam kegiatan penelitian Tugas Akhir ini meliputi:

1. 1 Unit Laptop *Asus ExpertBook* spesifikasi *ryzen 7*.
2. 1 Unit Printer *Canon 2700*.

### **3.2.2 Perangkat Lunak**

Berikut Perangkat lunak yang digunakan dalam kegiatan Tugas Akhir:

1. *AutoCad Civil 3D 2018* digunakan untuk melakukan perhitungan volume dengan metode kontur.
2. *Argis* versi 10.8 digunakan untuk pengolahan data spasial dan perhitungan volume dengan DEM.
3. *Microsof Excel 2021* digunakan untuk melakukan perhitungan volume dengan metode manual.
4. *Office Word 2021* digunakan untuk pembuatan laporan.

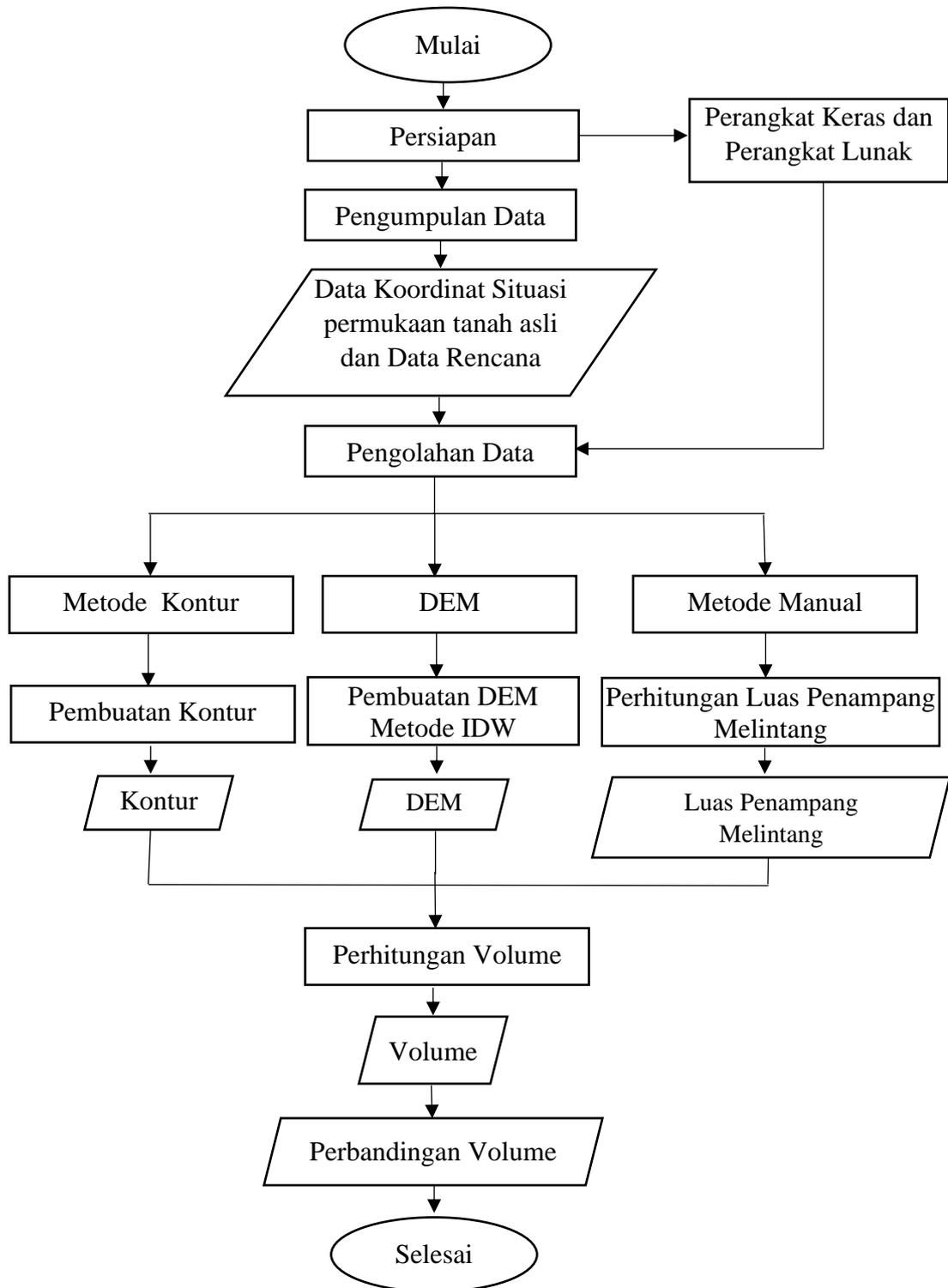
### **3.2.3 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam kegiatan Tugas Akhir ini melibatkan:

1. Data koordinat situasi permukaan tanah asli.
2. Data permukaan tanah rencana.
3. Data penampang melintang.

### 3.3 Diagram Alir

Diagram alur penelitian berikut menjelaskan tahapan penelitian:



Gambar 4. Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

### 3.4 Tahap Pengumpulan Data

Sebagai bagian dari kegiatan Tugas Akhir ini, diperlukan beberapa data untuk menghitung volume timbunan tanggul sungai. Data sekunder dalam penelitian ini berasal dari lembaga dan organisasi lain, termasuk perusahaan ini dan pihak yang berhubungan dengannya. Data sekunder yang dikumpulkan oleh peneliti dari perusahaan ini meliputi data koordinat situasi permukaan tanah asli dan data permukaan rencana tanah timbunan tanggul sungai yang dapat dilihat pada lampiran B.

### 3.5 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data dalam Tugas Akhir ini akan melibatkan dua perangkat lunak utama, yakni *AutoCAD Civil 3D 2018* untuk perhitungan volume berbasis kontur, dan *ArcGIS 10.8* untuk melakukan perhitungan volume dengan menggunakan DEM. Tahap pengolahan data akan dimulai setelah seluruh data terkumpul. Berikut adalah tahapan pengolahan data:

#### 3.5.1 Proses Pembuatan Kontur

Proses pembuatan kontur dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. *Input* Data Koordinat

*Input* titik koordinat yang telah disiapkan ke dalam perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D 2018* melalui *notepad*, untuk mempermudah proses *input*.

2. Membuat *Surface*

Pembuatan *surface* diperlukan karena *surface* ini akan merepresentasikan permukaan tanah dan membentuk basis data untuk pembuatan kontur. *Surface* dibuat dengan menggambarkan bentuk tanah menggunakan garis kontur.

### 3. Membuat Kontur

Selanjutnya, membuat kontur dengan mengakses menu "*Terrain Create Contours*" dalam perangkat lunak. Pada tahap ini, interval kontur ditentukan.

Proses ini menggambarkan langkah awal dalam pembuatan kontur, dimulai dari input data koordinat, pembuatan *surface* untuk merepresentasikan bentuk permukaan tanah, dan akhirnya pembuatan kontur dengan menentukan interval yang sesuai. Proses ini membantu memvisualisasikan topografi tanah dengan lebih jelas melalui representasi kontur yang dihasilkan.

#### 3.5.2 Perhitungan Volume Dengan Metode Kontur

Setelah mempersiapkan data kontur muka tanah asli dan rencana, proses perhitungan volume menggunakan metode kontur dimulai. Ini dilakukan dengan menggunakan fungsi "*Dashboard Volume*" dalam aplikasi *AutoCad Civil 3D 2018*, yang terletak di menu "*Analyze*". Perhitungan volume pada dasarnya mengacu pada perbedaan antara kontur muka tanah asli dan rencana di area yang ditentukan.

Untuk menghitung volume timbunan tanggul sungai dengan metode kontur menggunakan ketinggian kontur garis yang digambar pada peta topografi area pekerjaan dari muka tanah asli dan muka tanah rencana atau *design*.

#### 3.5.3 Proses *Inverse Distance Weigting* (IDW)

Proses pembuatan *Inverse Distance Weigting* (IDW) dilakukan melalui serangkaian langkah-langkah berikut:

##### 1. Konversi *Point* Koordinat menjadi *Shapefile*

*Shapefile* merupakan format data vektor yang menyimpan lokasi, bentuk, dan atribut dari fitur geografis. Langkah awal melibatkan konversi titik koordinat ke dalam format *shapefile*. Proses dimulai

dengan menyiapkan data koordinat dalam format *notepad* (txt), kemudian mengimpor data tersebut ke dalam perangkat lunak *ArcGIS 10.8*. Selanjutnya, dilakukan ekspor data ke dalam format *shapefile* (shp).

## 2. *Input Data Koordinat dari Shapefile*

Data vektor koordinat yang telah diubah menjadi *shapefile* diimpor ke dalam perangkat lunak *ArcGIS 10.8*. Data ini akan ditampilkan sebagai layer *point* dalam lingkungan kerja perangkat lunak.

## 3. *Olah Data dengan ArcToolbox*

Data vektor hasil input kemudian diolah menggunakan *Spatial Analyst Tool* yang tersedia di dalam *ArcToolbox*. Proses perubahan data vektor ke dalam format raster (DEM) menggunakan metode *Inverse Distance Weigting* IDW.

## 4. *Pengolahan Interpolasi Inverse Distance Weigting IDW*

Setelah itu pada *tab general* pilih *Geoprocessing* lalu pilih *ArcToolbox*, pada *tab ArcToolbox* pilih *Spatial Analyst Tool* dilanjutkan dengan *Interpolation* lalu pilih IDW. Batas hasil interpolasi akan mengikuti batas lokasi terluar data yang tersedia menyebabkan Sebagian wilayah tidak akan terinterpolasi. Sehingga untuk menyesuaikan hasil interpolasi dengan batas wilayah yang diinginkan.

### 3.5.4 **Perhitungan Volume DEM menggunakan IDW**

Untuk melakukan perhitungan volume *Digital Elevation Model* (DEM) menggunakan *Inverse Distance Weigting* (IDW), penting untuk memastikan bahwa data XX tersebut telah menggunakan sistem koordinat proyeksi, seperti *Universal Transverse Mercator* (UTM), yang mengukur dalam satuan meter. Hal ini penting karena

hasil perhitungan volume akan menggunakan satuan meter kubik ( $m^3$ ). Perhitungan ini dilaksanakan menggunakan aplikasi *ArcGIS 10.8*, memanfaatkan *Spatial Analyst Tool* yang telah tersedia di dalam *ArcToolbox*. Kegiatan ini memberikan kemudahan dalam menjalankan proses perhitungan.

### **3.5.5 Proses Perhitungan Luas Penampang Melintang**

Proses perhitungan luas penampang melintang dengan menggunakan *Microsoft Excel 2021* dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu:

- a. Pembuatan data koordinat dari gambar *cross section*. Pada tahap ini, koordinat yang diambil adalah koordinat (x, y) yang akan digunakan untuk perhitungan volume.
- b. Perhitungan luas penampang masing-masing *cross section*.

### **3.5.6 Perhitungan Volume Dengan Metode Penampang Melintang**

Setelah proses Perhitungan luasan penampang melintang dari STA 2+425 sampai 4+475 selanjutnya untuk menghitung volume timbunan tanggul sungai dari setiap STA menggunakan *Microsoft Excel 2021*, volume timbunan tanggul sungai untuk setiap STA dihitung dengan mengalikan luasan penampang melintang dengan panjang interval antara setiap STA. Total volume timbunan tanggul sungai dari seluruh rentang STA kemudian dihitung dengan menjumlahkan semua volume individu yang dihasilkan.

### **3.5.7 Perbandingan Perhitungan Volume Timbunan**

Perhitungan volume timbunan tanggul sungai dalam rangka kegiatan Tugas Akhir ini melibatkan dua metode perhitungan, yakni metode kontur, *Digital Elevation Model (DEM)*, dan metode manual. Ketiga metode ini memperhitungkan volume berdasarkan

perbedaan elevasi yang terlihat pada garis kontur dan hasil interpolasi dari DEM.

Proses perbandingan volume timbunan tanggul sungai dilakukan dengan menghitung selisih hasil perhitungan volume antara metode kontur, DEM, dan metode manual dengan volume asli. Volume asli ini diperoleh dari PT. PP Persero (Tbk).

Setelah mendapatkan selisih hasil perhitungan antara volume asli dengan metode kontur, DEM dan metode manual, dilanjutkan dengan menghitung persentase. Proses ini memberikan pemahaman lebih lanjut mengenai akurasi dan ketepatan dari kedua metode perhitungan volume yang digunakan dalam kegiatan Tugas Akhir ini.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari kegiatan Tugas Akhir ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada metode kontur menghasilkan perhitungan volume timbunan tanggul sungai sebanyak 171.692,68 m<sup>3</sup>. Sedangkan pada DEM menghasilkan volume timbunan tanggul sungai sebanyak 171.654,40 m<sup>3</sup>. Kemudian pada metode manual menghasilkan volume timbunan tanggul sungai sebanyak 171.449,45 m<sup>3</sup>.
2. Pada metode kontur selisih perhitungan volume timbunan tanggul sungai diperoleh 530,86 m<sup>3</sup> dengan presentase 0,31% terhadap volume asli sebesar 171.161,82 m<sup>3</sup>. Sedangkan pada DEM selisih perhitungan volume timbunan tanggul sungai diperoleh 492,58 m<sup>3</sup> dengan presentase 0,29% terhadap volume asli sebesar 171.161,82 m<sup>3</sup>. Kemudian pada metode manual selisih perhitungan volume timbunan tanggul sungai diperoleh 287,63 m<sup>3</sup> dengan presentase 0,17% terhadap volume asli sebesar 171.161,82 m<sup>3</sup>.
3. Jadi dari ketiga metode yang digunakan, metode manual memperoleh data yang lebih akurat dibandingkan menggunakan DEM dan metode kontur, dikarenakan menggunakan metode manual menghasilkan selisih volume yang lebih kecil terhadap volume asli dari PT PP (Persero) Tbk

### 5.2 Saran

Untuk menghitung volume timbunan sebaiknya mencoba menggunakan berbagai Aplikasi yang ada seperti *Global Mapper*, *Qgis*, dan *Surfer* sehingga dapat mengetahui aplikasi yang dapat digunakan untuk merepresentasikan bentuk permukaan aslinya

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., Handayani, I. D., dan Margiantono, A. 2018. *Analisis tingkat kebisingan di Universitas Semarang dengan peta kontur menggunakan software golden 1*. *Elektrika*, 10(2), 22-27.
- Basuki, S. 2011. *Ilmu Ukur Tanah (Edisi Revisi)*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Cahyanto, D. R. 2017. *Perbandingan Volume Tampungan Sidodadi Dengan Metode Kontur Dan Citra Satelit Aster*. //repository.unej.ac.id/handle/123456789/79656. Diakses pada 5 November 2023.
- Fauzan, M. R. M., Jupri, J., dan Ridwana, R. 2021. *Pengukuran Topografi Untuk Pembangunan Penampungan Air Bersih (Studi Kasus: Daerah Rajamandala, Kabupaten Bandung Barat)*. *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi)*, 6(1), 35-48.
- Gultom, R. I., Rassarandi, F. D., dan Siagan, G. P. 2020. *Perhitungan Volume Galian Dan Timbunan Dengan Metode Cut & Fill Pada Pembangunan Jalan Dan Area Parkir Rusun 2 Kawasan Industrial Panbil Muka Kuning. Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, 6(1), 702-709.
- Gumelar, H. 2022. *Cut And Fill Lahan Proyek*. <https://Www.Jasaurug.Com/Read/Cut-and-Fill-Lahan-Proyek>, Diakses pada 5 November 2023.
- Handayani, H. H. 2016. *Analisa Data Foto Udara untuk DEM dengan Metode TIN, IDW, dan Kriging*. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), C182-C187.
- Indarto, dan Prasetyo, D. R. 2014. *Pembuatan Digital Elevation Model Resolusi 10m dari Peta RBI dan Survei GPS dengan Algoritma ANUDEM*. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 2(1), 21955.
- Indarto, 2013. *Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: Graha Ilmu

- Latifulloh, H. 2020. *Kajian Kerusakan Dan Penanggulangan Tanggul Di Lokasi Kedung Bokor Sungai Citarum Hilir Kabupaten Bekasi (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung)*. Tugas Akhir.
- Lestari, D. A., Hendrayana, Y., dan Toruan, E. S. L. 2023. *Analisa Peta Timbunan Maindam Pada Proyek Bendungan Cipanas Kab. Paket 3 Menggunakan Metode Cross Section*. Seminar Majalengka (Stima) (Vol. 7, Pp. 130-138).
- Makmur, MM. 2021. *Jasa Cut and Fill*. <https://Www.Mandalamegamakmur.Co.Id/Jasa-Cut-and-Fill/>, Diakses pada 5 November 2023.
- Map Vision Indonesia. 2021. *Menghitung Volume Data Raster*. <https://mapvisionindo.com/tutorial-menghitung-volume-data-raster-menggunakan-qgis/>. Diakses pada 5 November 2023.
- Pramono, G. H. 2008. *Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan*. Forum Geografi, Vol. 22, No, 1, pp.145-158.
- Pratama. 2017. *Analisa Volume Galian Dan Timbunan Pada Perencanaan Lahan Parkir Gedung Direktorat Politeknik Negeri Balikpapan*. Tugas Akhir. Balikpapan. Politeknik Negeri Balikpapan Jurusan Teknik Sipil.
- Purmaawijaya, I. M. 2008. *Teknik Survei dan Pemetaan Jilid 3*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Purnanto, E. D. 2012. *Tol Jakarta - Merak KM 58 ditutup* *RepublikaOnline*.. <https://news.republika.co.id/berita/lxuj8/banjir-tol-jakarta-merak-km-58-ditutup>. Diakses pada 5 November 2023.
- Purnomo, H. 2018. *Aplikasi Metode Interpolasi Inverse Distance Weighting Dalam Penaksiran Sumberdaya Laterit Nikel (Studi Kasus Di Blok R, Kabupaten Konawe-Sulawesi Tenggara)*.
- Purwati, D. N. 2020. *Pengukuran Topografi Untuk Menghitung Volume Cut And Fill Pada Perencanaan Pembangunan Perumahan Di Km. 10 Kota Balikpapan*. *Jutateks*, 4(1), 13-23.
- Rahmat, K. 2013. *Peta Kontur*. <http://rahmatkusnadi6.blogspot.com/2010/07/>. Diakses pada 5 November 2023.
- Rosytha, A. dan Taufik M. 2011. *Studi Analisa Banjir Dengan Menggunakan Teknologi SIG di Kabupaten Bojonegoro*. Seminar Nasional VII Teknik Sipil ITS. Surabaya. Sekaran II (2006).

- Septio, G. 2022. *Analisis Dan Pemetaan Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Menggunakan Metode Anbalagan Berbasis Sistem Informasi Geografis Studi Kasus Kecamatan XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar Provinsi Riau* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Taneo, F. 2022. *Analisis Metode Pelaksanaan Under Constructio Jembatan (Studi Kasus Rehabilitasi Jalan dan Pembangunan Jembatan Siangan-Lokasrana)* (Doctoral dissertation, Universitas Mahasaraswati Denpasar).
- Taufiqullah. 2022. *Pengertian Tanggul*. <https://www.tneutron.net/blog/pengertian-tanggul/>. Diakses pada 20 Desember 2023.
- Trisakti, B. 2010. *Pengembangan Metode Ekstraksi DEM (Digital Elevation Model) dari Data ALOS PRISM*. LAPAN.
- Tunissea, A. 2008. *Analisis Spasial Faktor Risiko Lingkungan Pada Kejadian Leptospirosis Di Kota Semarang (Sebagai Sistem Kewaspadaan Din)*. Universitas Diponegoro.
- Uguy, R., dan Pangalila, L. 2022. *Evaluasi Pengukuran Topografi Pada Proyek Jalan Manado Outer Ringroad Iii*. Jurnal Ilmiah Realtech, 18(1), 25-31.
- Yuwono, MS. 2013. *Perhitungan Galian Timbunan Bab Xv Volume*. Surabaya: Institut teknologi Sepuluh Nopember.