

# ANALISIS KETELITIAN PERHITUNGAN VOLUME GALIAN MENGGUNAKAN DATA *GRIDDING* DAN TANPA *GRIDDING* PADA PEKERJAAN BENDUNGAN (Studi Kasus: Bendungan Rotiklot, Kabupaten Belu - NTT)

<sup>1)</sup>Agustinus Raja Lama, <sup>2)</sup>Silvester Sari Sai ST., MT., <sup>3)</sup>Adhka Yuliananda Maburr ST.,MT.

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Bendungan Sigura-gura No 2, Malang 65145

<sup>1)</sup>[rijlama28.08@gmail.com](mailto:rijlama28.08@gmail.com), <sup>2)</sup>[detuyesil@yahoo.com](mailto:detuyesil@yahoo.com).

## Abstraksi

Perhitungan volume galian merupakan salah satu permasalahan yang ekstensif dan kompleks serta memiliki peran yang sangat penting dalam suatu proyek, oleh karena itu perhitungan volume galian harus dilakukan seteliti mungkin. Permasalahan yang sering terjadi dalam perhitungan volume adalah saat pengambilan data yang dalam pelaksanaannya terkadang hanya dilakukan dengan mengambil sampel muka tanah yang tidak sesuai dengan keadaan dan kondisi lapangan sehingga sulit untuk mendapatkan hasil hitungan yang teliti, sehingga diperlukan interpolasi pada data pengukuran.

Penelitian dimaksudkan untuk mengetahui ketelitian perhitungan volume yang diperoleh dari data *gridding* pada *software Surfer 15* dengan metode *Invers Distance to a Power*, *Kriging*, *Natural Neighbor*, *Radial Basis Fuction* dan *Triangulation with Linear Interpolation* serta data tanpa *gridding* dengan metode *Surface to Surface (TIN)* pada *software Terramodel 10.3* dengan sebaran interval jarak antara data pengukuran yang berjauhan. Hasil perhitungan volume akan dibandingkan terhadap hasil galian sebenarnya dari Bendungan Rotiklot, dengan toleransi perhitungan  $\pm 2.78\%$  menurut *ASTM (American Standard Testing and Material)*

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat, ada empat metode *gridding* yang dapat diterima menurut toleransi ASTM  $\pm 2.78\%$  yaitu *Kriging*, *Natural Neighbor*, *Radial Basis Fuction* dan *Triangulation with Linear Interpolation*. Hasil perhitungan yang paling teliti adalah menggunakan metode *gridding Kriging* dengan selisih terhadap volume asli adalah sebesar 0.04 %, sedangkan metode *Inverse Distance to a Power* memiliki selisih terbesar terhadap volume asli yaitu sebesar 6.49%. Hal ini disebabkan metode *Inverse Distance to a Power* tidak dapat merepresentasikan permukaan secara benar pada interval jarak titik pengukuran yang berjauhan.

**Kata Kunci :** *Volume galian, interpolasi, gridding, tanpa gridding*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perhitungan galian merupakan salah satu permasalahan yang ekstensif dan kompleks serta memiliki peran yang sangat penting dalam suatu proyek karena merupakan dasar bagi kontraktor untuk pencairan anggaran proyek dimana hasil perhitungan tersebut yang nantinya akan diajukan kepada pihak pemberi proyek, volume galian akan sangat berpengaruh terhadap jumlah anggaran yang akan diperoleh, oleh karena itu perhitungan volume galian harus dilakukan seteliti mungkin agar tidak ada pihak yang dirugikan. Perhitungan volume galian akan dilakukan setelah pengukuran situasi di lapangan ataupun setelah pengukuran profil.

Sebagian besar proyek konstruksi bendungan masih melakukan perhitungan volume galian yang biasanya menggunakan metode *Average End Area* ataupun *Prismoidal* dan dihitung pada *Software Microsoft Office Excel*. Hal ini dikarenakan keterbatasan *software* yang tersedia, pemahaman maupun permintaan dari pihak pemberi proyek sendiri. Kedua metode ini termasuk metode perhitungan volume yang teliti apabila interval jarak antara penampang irisan diperkecil, tetapi hal tersebut akan memakan waktu dalam perhitungannya. Permasalahan lain yang sering terjadi dalam perhitungan volume adalah saat pengambilan data yang dalam pelaksanaannya terkadang hanya dilakukan dengan mengambil sampel muka tanah yang tidak sesuai dengan keadaan dan kondisi lapangan sehingga sulit untuk mendapatkan hasil hitungan yang teliti. Dalam penelitian ini penulis akan

mencoba membandingkan ketelitian volume *gridding* atau interpolasi grid dengan metode perhitungan tanpa *gridding* yaitu menggunakan metode *TIN (Triangulation Irregular Network)* yang terbentuk antara dua permukaan.

Penelitian ini akan mencoba mengkaji perhitungan volume menggunakan teknik *gridding* dan tanpa *gridding* yang hasilnya akan dibandingkan dengan volume hasil galian sebenarnya. Hasil penelitian ini nantinya akan membantu pihak kontraktor pada pekerjaan bendungan agar mempermudah dan meminimalisir waktu pekerjaan. Penelitian ini akan menganalisis ketelitian perhitungan volume tanah menggunakan metode perhitungan volume *Surface to Surface* pada *software Terramodel*, serta menggunakan *gridding* dari interpolasi data pada *software Surfer*. Penulis berharap nantinya hasil perhitungan ini akan dapat benar-benar di aplikasikan pada perhitungan galian untuk pekerjaan bendungan.

### 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan masalah, adapun masalah tersebut antara lain:

- Bagaimana perbandingan ketelitian perhitungan volume galian dengan menggunakan metode *gridding* dan tanpa *gridding*?
- Apakah perhitungan volume tanah menggunakan *gridding* dengan metode interpolasi dapat diaplikasikan sebagai alternatif perhitungan volume galian tanah untuk pekerjaan bendungan ?

### 1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan analisa ketelitian volume galian menggunakan data *gridding* dengan interpolasi data dan data tanpa *gridding*.

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah untuk mengetahui metode mana yang lebih baik untuk diaplikasikan pekerjaan galian pada bendungan.

## II. DASAR TEORI

### 2.1. Bendungan

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 37 Pasal 1 Tahun 2010 tentang Bendungan, bahwa bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (*tailing*), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk. Bendungan atau waduk merupakan wadah buatan yang terbentuk sebagai akibat dibangunnya bendungan.

Sebuah bendungan berfungsi sebagai penangkap air dan menyimpannya di musim hujan waktu air sungai mengalir dalam jumlah besar dan yang melebihi kebutuhan baik untuk keperluan, irigasi, air minum, industri atau yang lainnya. Dengan memiliki daya tampung tersebut sejumlah besar air sungai yang melebihi kebutuhan dapat disimpan dalam waduk dan baru dilepas mengalir ke dalam sungai lagi di hilirnya sesuai dengan kebutuhan pada saat diperlukan.

### 2.2. Volume Galian dan Timbunan

Dalam pekerjaan bendungan bertipe urungan, akan selalu terdapat pekerjaan galian maupun timbunan, hal ini disebabkan karena topografi pada lokasi dan material penyusun bendungan, pekerjaan galian dilaksanakan pada pembangunan pondasi untuk rencana kedudukan bendungan (*proposed dam site*) serta timbunan untuk penyusunan material pada tubuh bendungan (Susrodarsono, 1977).

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 jalur proyek. Perhitungan galian dan timbunan dapat dilakukan dengan menggunakan peta situasi dengan metode penggambaran profil melintang sepanjang jalur proyek atau dengan metode *grid-grid* (*gridding*) yang meninjau galian dan timbunan dari tampak atas dan menghitung selisih tinggi garis kontur terhadap ketinggian proyek ditempat perpotongan garis kontur dengan garis proyek (Muda, 2008).

### 2.3. Metode Perhitungan Volume Tanah

Perhitungan volume tanah merupakan suatu proses perhitungan yang rumit karena elevasi permukaan tanah berbeda di tiap permukaan. Permukaan yang pertama biasanya merupakan permukaan tanah asli atau *existing topography*, sedangkan permukaan tanah kedua menunjukkan muka tanah rencana atau *design* galian maupun timbunan yang akan dikerjakan. Terdapat beberapa metode yang biasa digunakan dalam perhitungan volume tanah yaitu, (Duffy, 2017) :

#### 1. Metode *Depth Area*

Metode *Depth Area* merupakan metode paling sederhana untuk menghitung volume tanah. Pendekatan ini mengalikan luas permukaan dengan ketebalan galian maupun timbunan yang dikerjakan. Contoh dari metode ini adalah menggali permukaan

pondasi yang rata, maupun pada pembuatan saluran yang muka tanah dan memiliki dasar yang rata.

Rumus yang digunakan yaitu :

$$V = A * T \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana :

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

A = Luas permukaan tanah (m<sup>2</sup>)

T = Ketebalan galian maupun timbunan (m)

#### 2. Metode *Grid*

Metode *grid* atau yang sering disebut sebagai metode *Borrow Pit*. Seperti pada metode *Depth area*, metode *grid* juga menggunakan nilai ketebalan atau kedalaman, namun ketebalan atau kedalaman tersebut bisa saja bervariasi di seluruh area pekerjaan. Metode *grid* dilakukan dengan interpolasi volume yang menggunakan *grid* dengan melapisi kedua permukaan hitung menggunakan *prismoidal* dari semua jumlah volume *grid*.

#### 3. Metode *Average End Area*

Sering disebut juga metode *cross section*, merupakan teknik perhitungan yang berbeda dibandingkan dengan metode *grid* maupun metode *depth area*, teknik ini tidak menghitung volume dari atas ke bawah melainkan menghitung volume dengan cara irisan vertikal dipotong secara teratur dengan interval tertentu, volume merupakan hasil perkalian dari jarak atau interval terhadap rata-rata luasan area hasil potongan.

Rumus yang digunakan yaitu:

$$V = D * \left(\frac{A1+A2}{2}\right) \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana :

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

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

D = Jarak/ interval (m)

#### 4. Metode *Prismoidal*

Metode *Prismoidal* sering diperlukan jika permukaan tanah yang ada sangat tidak teratur di antara potongan yang berdekatan. Dengan metode ini, maka penaksir menambahkan penampang tambahan di tengah-tengah antara dua bagian sehingga membentuk tiga penampang.

Formula *Prismoidal* dihitung sebagai berikut:

$$V = \frac{D}{3} (A1 + \sqrt{A1 * A2} + A2) \dots\dots\dots (2-3)$$

Dimana :

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

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

D = Jarak/ interval (m)

#### 5. Metode *Kontur*

Metode *kontur* memiliki kemiripan dengan metode *Average End Area*, tetapi memiliki perbedaan pada orientasi, dimana metode *end area* menghitung secara horizontal, sedangkan pada metode *kontur* yaitu vertikal antara kedua *surface*. Metode *kontur* memanfaatkan ketinggian *kontur* garis yang digambar pada peta topografi area pekerjaan dari muka tanah asli dan muka tanah rencana/ *design*, untuk menghitung volume galian dan timbunan. Dalam metode ini volume dihitung berdasarkan perbedaan elevasi dari kedua permukaan.

Metode *kontur* dapat dihitung sebagai berikut:

$$V = H * \left(\frac{A1+A2}{2}\right) \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana :

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

A = Luas hasil potongan ( $m^2$ )  
H = Elevasi / Interval antar kontur (m)

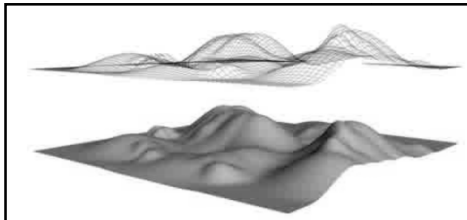
## 6. Metode *Triangulated Irregular Network (TIN)* dan *Digital Terrain Model (DTM)*

Metode TIN merupakan metode penentuan volume menggunakan segitiga atau triangulasi pada muka tanah *existing* dan *design* yang dibentuk pada perangkat lunak pendukung survey misalnya *AutoCad*, dimana segitiga tersebut secara grafis akan terhubung ketitik terdekat.

*Digital Terrain Model* merupakan model perhitungan volume yang memiliki akurasi yang tinggi, proses ini hanya bisa dilakukan pada perangkat lunak karena banyaknya perhitungan yang diperlukan. DTM memungkinkan perhitungan langsung antara dua permukaan atau lebih.

### 2.4. *Digital Terrain Model (DTM)*

*Digital Terrain Model (DTM)* adalah representasi statistik permukaan tanah yang kontinu dari titik-titik yang diketahui koordinat X, Y, dan Z nya pada suatu sistem koordinat tertentu (Li, Zhu, & Gold, 2004). Suatu DTM merupakan sistem yang terdiri dari dua bagian, yaitu sekumpulan titik-titik yang mewakili bentuk permukaan *terrain* yang disimpan pada memori komputer, dan algoritma untuk melakukan interpolasi titik-titik baru dari data titik yang diberikan atau menghitung data lain. (Linkwitz, 1970).

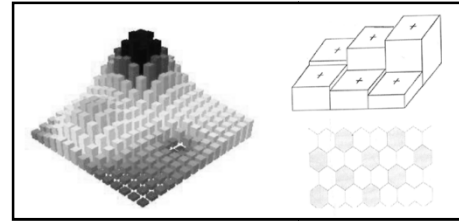


Gambar 2.1. *Digital Terrain Model* Li Zhilin dan Gold (2005).

Dari gambar 2.1 dapat dilihat, yang direpresentasikan oleh DTM adalah ketinggian dari suatu *continuous terrain* atau permukaan (tanpa ada *feature* alam dan *hand made*) dalam bentuk digital atau numeris, dalam sistem koordinat X, Y, Z. Pengertian DTM mencakup tidak hanya tinggi (*height*) dan elevasi (*elevation*), tetapi juga unsur-unsur morfologi yang lain seperti garis sungai, dsb (Dipokusumo dkk, 1983).

#### 2.4.1. *Point-Based Modeling*

Jika permukaan planar dibangun dari data titik individu yang digunakan untuk mewakili daerah kecil di sekitar titik, maka seluruh permukaan DTM dapat dibentuk dengan serangkaian permukaan terputus seperti bersebelahan yang ditunjukkan pada gambar 2.2.. Secara teoritis, pendekatan ini cocok untuk pola data teratur atau tidak terkarena hanya terkait dengan titik batas-batas wilayah dipengaruhi oleh setiap titik yang berdekatan, perhitungan akan jauh lebih sederhana jika pola permukaan dibuat teratur seperti kotak persegi, segitiga sama sisi, segi enam, dll. Pendekatan ini sering digunakan pada (misalnya, perhitungan total volume air, dll) (Li Zhilin dan Gold, 2005).

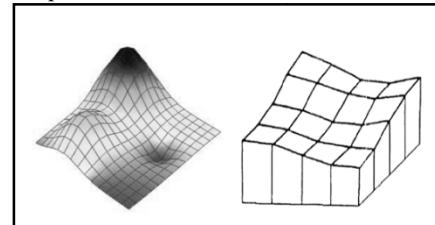


Gambar 2.2. *Point-Based Modeling*, Li Zhilin dan Gold (2005).

Jika suatu titik yang memiliki ketinggian digunakan untuk merealisasikan permukaan DTM, maka hasilnya adalah permukaan planar yang bertingkat, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. di setiap titik dapat dibangun permukaan planar (Li, Zhu, & Gold, 2004).

#### 2.4.2. *Grid-Based Modeling*

Pada *grid-based* modeling titik-titik tersebar secara merata dan teratur pada seluruh permukaan model digital (DTM) dalam interval tertentu. Titik DTM dapat berupa titik sampel maupun titik hasil interpolasi.

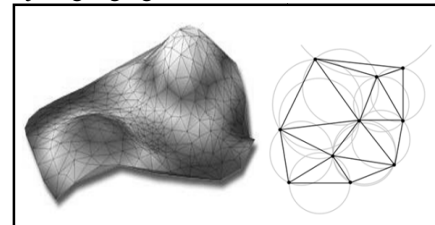


Gambar 2.3. *Grid-Based Modeling*, Li Zhilin dan Gold (2005).

Permukaan model digital terbentuk oleh grid yang menghubungkan titik-titik DTM yang dapat dilihat pada gambar 2.3.

#### 2.4.3. *Triangle-Based Modeling (TIN)*

TIN adalah salah satu metode untuk merepresentasikan suatu *surface* dalam bentuk jaring-jaring segitiga (Li, Zhu, & Gold, 2004). Dalam pembentukan TIN dibutuhkan setidaknya enam titik yang dapat digunakan untuk pembentukan jaring segitiga. Tiga titik berada pada node sebagai ujung sisi-sisi segitiga dan tiga titik lainnya merupakan titik luar yang membentuk jaring segitiga lain.

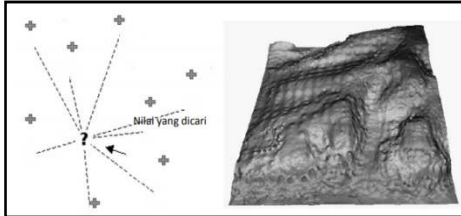


Gambar 2.4. *Triangle-Based Modeling*, Li Zhilin dan Gold (2005).

Konsep pembentukan TIN didasarkan pada *delaunay triangulation*. *Delaunay triangulation* merupakan suatu metode untuk membangun geometri segitiga dimana metode ini memaksimalkan sudut minimum dari semua sudut segitiga tersebut. Gambar 2.4. menyajikan pembentukan TIN dengan konsep *Delaunay Triangulation*.

## 2.5. Interpolasi

Interpolasi adalah metode untuk mendapatkan data berdasarkan beberapa data yang telah diketahui (Wahab, 2017). Dalam pemetaan, interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak disampel atau diukur, sehingga terbuatlah peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah (Gamma Design Software, 2005).



Gambar 2.5. Interpolasi Spasial, Li Zhilin dan Gold (2005).

Pada gambar 2.5. dapat dilihat interpolasi untuk mencari data tambahan berdasarkan data yang telah ada. Didalam melakukan interpolasi, sudah pasti dihasilkan error. Error yang dihasilkan sebelum melakukan interpolasi bisa dikarenakan kesalahan menentukan metode sampling data, kesalahan dalam pengukuran dan kesalahan dalam analisa.

## 2.6. Gridding

*Gridding* adalah proses pada data XYZ yang tersebar secara tidak teratur dan terdapat data yang kosong untuk menghasilkan *file grid* yang berisi data Z yang teratur. *Gridding* menentukan bagaimana interpolasi ataupun ekstrapolasi data XYZ yang akan menjadi *file grid*. File XYZ merupakan data yang berisi data x, y, dan z dimana x dan y umumnya merupakan koordinat (x,y) dan z merupakan data elevasi atau kedalaman (Golden Software, 2002).

Secara umum untuk memperoleh data interpolasi dengan grid terdiri dari beberapa metode (Childs, 2011).

### 1. Inverse Distance to a Power (IDP)

*Inverse Distance to a Power* menentukan *cell value* dengan kombinasi pembobotan linear, dimana bobot adalah fungsi jarak dari titik input terhadap lokasi *cell output* (Childs, 2011). Metode ini membuat data dilakukan pembobotan selama interpolasi, sehingga pengaruh satu titik relatif terhadap titik lainnya dan semakin berkurang ketika jarak terhadap node grid semakin besar (Yang, Kao, Lee, & Hung, 2004).

### 2. Kriging

*Kriging* menghasilkan estimasi nilai z berdasarkan bobot rata-rata dari lokasi yang nilainya sudah diketahui pada suatu area tertentu (Setianto & Triandini, 2013). *Kriging* sesuai digunakan ketika hubungan jarak atau arah dari data yang akan diproses sudah diketahui, dan metode ini banyak digunakan pada aplikasi ilmu tanah dan geologi (Childs, 2011).

### 3. Natural Neighbor

Konsep interpolasi *Natural Neighbor* adalah bobot yang didefinisikan oleh proporsi overlap antara poligon Voronoi (*Thiessen Poligon*) baru yang terbentuk diantara titik-titik interpolasi dengan poligon Voronoi awal yang menghubungkan titik-titik yang berdekatan (Garnero & Godone, 2013). Secara algoritma, metode *Natural Neighbor*

identik dengan IDP (Childs, 2011). Metode ini dikenal juga sebagai interpolasi Sibson atau “Area-Stealing” (Pasaribu & Haryani, 2012)

Metode grid *Natural Neighbor* populer dengan set data yang memiliki data padat di beberapa daerah dan data jarang di daerah lain. *Natural Neighbor* memperkirakan nilai node grid dengan menemukan subset terdekat dari data input titik ke node grid dan kemudian menerapkan bobot masing-masing. Metode *Natural Neighbor* tidak mengekstrapolasi nilai-nilai grid Z di luar rentang data dan tidak menghasilkan node di daerah tanpa data (Golden Software, 2002)..

## 4. Radial Basis Fuction

*Radial Basis Fuction* menggunakan fungsi matematis untuk meminimalisir lengkungan permukaan (Binh & Thuy, 2008; Childs, 2011) dan menghasilkan permukaan yang *smooth* yang sesuai dengan titik input (Arun, 2013). Metode ini tepat digunakan untuk merepresentasikan fenomena permukaan yang bervariasi secara *smooth*, seperti temperatur (Childs, 2011). Kelebihan dari metode ini adalah kemampuan untuk menghasilkan akurasi permukaan yang cukup baik walaupun data yang digunakan hanya sedikit (Pasaribu & Haryani, 2012). Selain temperatur model ini baik digunakan untuk membuat permukaan seperti ketinggian permukaan bumi, ketinggian muka air tanah ataupun konsentrasi polusi udara.

Namun metode ini bukan metode yang ideal jika data memiliki perubahan besar dalam nilai permukaan dalam jarak pendek. Metode *Radial Basis Function* mengambil fungsi yang ditentukan pengguna dan menyesuaikannya melalui nilai data. Contoh di bawah ini menunjukkan kumpulan data yang disatukan menggunakan metode *gridding Radial Basis Function*.

## 5. Triangulation with Linear Interpolation

*Triangulation with Linear Interpolation* berfungsi paling baik dengan data yang didistribusikan secara merata di area kisi. Jika peta dibuat dengan segi tiga maka kumpulan data mungkin terlalu kecil atau kemungkinan besar berisi area yang jarang. Metode *gridding* ini menggambar garis antara titik data untuk membuat segitiga, tidak ada tepi segitiga yang berpotongan dengan segitiga lainnya. Metode *gridding* ini cepat dan tidak mengekstrapolasi melampaui nilai Z dari rentang data. Selain itu, Triangulasi dengan Linear Interpolasi tidak membuat data yang berada di luar batas data, metode ini memberikan nilai *NoData* ke node grid yang berada di luar batas data. Contoh di bawah ini menunjukkan kumpulan data yang menggunakan grid *Triangulation dengan metode gridding Triangulation with Linear Interpolation*.

## 2.7. Ketelitian dan Toleransi Perhitungan

Pada pembuatan model surface 3D, yang perlu diperhitungkan adalah uji nilai elevasi yang dihasilkan dari proses interpolasi terhadap nilai elevasi sebenarnya dari titik pengukuran. Analisis akurasi nilai elevasi yang dihasilkan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), yang mengambil nilai elevasi perbedaa n antara titik pengukuran dan titik hasil pembentukan interpolasi. Nilai RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Residu)^2}{n}} \dots\dots\dots(2-5)$$

Dengan perhitungan residu menggunakan rumus:

$$Residu Z = nilai Z Pengukuran - nilai Z interpolasi \dots(2-6)$$

Perbandingan volume pada masing-masing metode yang digunakan dihitung dengan mengurangkan antara hasil dari metode yang digunakan terhadap hasil hitungan asli. Lalu, hasilnya dibagi dengan hitungan asli yang merupakan data yang dianggap benar dan dinyatakan dalam bentuk persen.

Toleransi merupakan suatu ukuran yang diijinkan dan diperbolehkan, dalam penelitian ini toleransi yang diperbolehkan adalah  $\pm 2.78\%$  yang mengacu pada spesifikasi yang ditetapkan oleh ASTM (*American Standard Testing and Material*). Analisis hasil dilakukan dengan dengan membandingkan presentase perbedaan terhadap toleransi perhitungan.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan untuk penelitian ini adalah area *Main Dam* Bendungan Rotiklot yang terletak di Desa Fatuketi, Kecamatan Kakuluk Mesak, Kabupaten Belu – NTT.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian, *Google Earth* (2018)

#### 3.2. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk penelitian ini antara lain :

##### 1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras (*Hardware*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Satu set komputer dengan processor AMD Ryzen 5 2400G, 3.6 GHz, 1 TB HDD, 8GB RAM, Rodeon Vega Graphics.

##### 2. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat Lunak (*Software*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

###### a. *Surfer 15*

Digunakan untuk pembuatan model permukaan 3D, dan perhitungan volume menggunakan beberapa teknik interpolasi grid yang ada didalamnya.

###### b. *Terramodel 10.3*

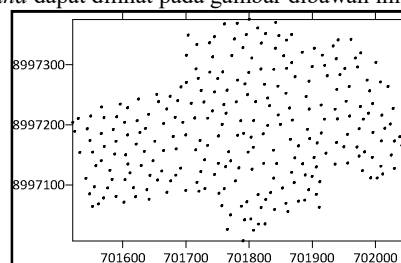
Digunakan untuk pembuatan model permukaan 3D, penampang *cross section* dan perhitungan volume dengan menggunakan metode *Surface To Surface (TIN)*.

#### 3.3 Data Yang Digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *existing ground*, *design ground* dan *boundary area* pekerjaan, system koordinat yang digunakan adalah *UTM (Universal Transverse Mercator) Zone 51 South* :

##### 1. Data koordinat situasi permukaan tanah asli/*existing ground*

Data *existing ground* berupa data survei topografi sebelum dilakukan galian atau muka tanah asli yang berjumlah 265 titik, persebaran data pengukuran *existing ground* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

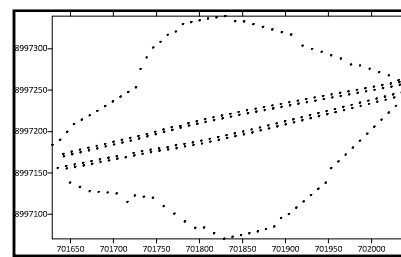


Gambar 3.2. Persebaran data pengukuran *existing ground*

##### 2. Data permukaan tanah rancana galian/*design ground*

Data *design ground* adalah data rencana muka tanah penggalian dengan jumlah 248 titik. Berikut merupakan data koordinat *design*.

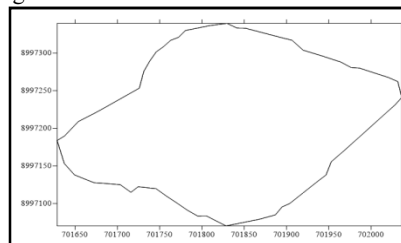
Persebaran data *design ground* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.3. Persebaran data *design ground*

##### 3. Data *Boundary Area*

*Boundary area* hanya mencakup area pekerjaan yang diteliti yaitu pada area pembangunan tubuh bendungan atau *Main Dam*, luas area yang akan digali adalah  $65295.967 \text{ m}^2$ .

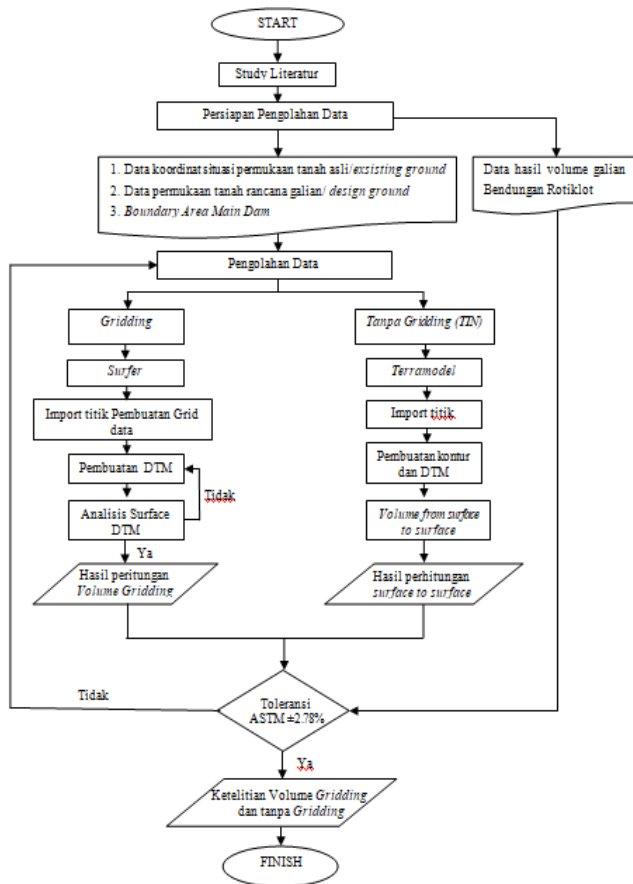


Gambar 3.4. Batas *boundary area* pekerjaan *Main Dam*

##### 4. Data volume galian

Data volume galian merupakan data total hasil volume galian pada area *Main Dam* dari bendungan Rotiklot dengan jumlah total volume yang digali adalah  $542773.19 \text{ m}^3$ .

### 3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.5. Diagram Alir Pekerjaan

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Gridding

Analisis data *gridding* dilakukan dengan beberapa metode *gridding* pada software *Surfer 15*, yang dapat merepresentasikan permukaan digital sesuai keadaan di lapangan, berikut adalah metode *gridding* akan digunakan yaitu :

1. *Invers Distance to a Power (IDP)*
2. *Kriging (KR)*
3. *Natural Neighbor (NANE)*
4. *Radial Basis Function (RBF)*
5. *Triangulation with Linear Interpolation (TLI)*

#### 4.1.1. Hasil Pembentukan Kontur dan DTM Data Gridding

Tabel dibawah akan menunjukan hasil kontur dan DTM yang terbentuk melalui pengolahan data dengan *gridding* pada permukaan tanah asli atau *existing ground*.

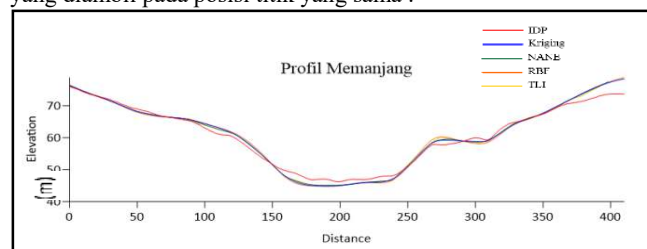
Tabel 4.1. Hasil kontur dan DTM data *gridding* pada *existing ground*

Metode Gridding	Kontur	DTM
IDP		
KR		
NANE		
RBF		
TLI		

Dari hasil pembuatan model kontur dan DTM dari *existing ground*, dapat dilihat pada tabel 4.1, model permukaan yang dibentuk memiliki perbedaan. Pada metode *Inverse Distance to a Power (IDP)*, bentuk permukaan yang dihasilkan cenderung lebih bergelombang dibandingkan keempat metode *gridding* lainnya. Bentuk permukaan yang dihasilkan oleh metode *Kriging*, *Natural Neighbor*, dan *Radial Basis Function*, memiliki bentuk permukaan yang lebih halus, sedangkan untuk metode *Triangulation with Linear Interpolation*, interpretasi model permukaannya memiliki bentuk triangulasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada hasil *long* dan *cross section*.

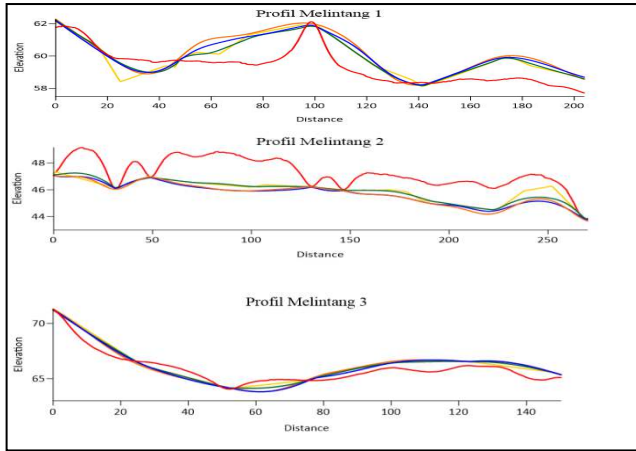
#### 4.1.2. Long dan Cross Section Data Gridding

Berikut merupakan perbandingan *long* dan *cross section* yang diambil pada posisi titik yang sama :



Gambar 4.1. Hasil *long section* metode *gridding*





Gambar 4.2. Hasil cross section metode gridding

Profil memanjang atau *long section* diambil sepanjang 400 meter sesuai dengan panjang area pekerjaan yang akan dilakukan, serta profil melintang diambil pada posisi yang berbeda pada tiga titik permukaan *existing ground*. Dari hasil pembuatan *long* dan *cross section* diatas, dapat dilihat bahwa pada metode *Inverse Distance to a Power (IDP)* memiliki bentuk permukaan yang yang signifikan berbeda terhadap yang lainnya, hal ini disebabkan, pada metode IDP, pembobotan yang diberikan terhadap jarak, sehingga apabila jarak antara titik pengukuran relatif berjauhan, bentuk permukaan yang akan dihasilkan akan menyimpang.

#### 4.1.3. Residu Elevasi

Residu elevasi adalah penyimpangan yang terjadi pada elevasi, dalam studi kasus ini penulis akan menghitung residu yang terjadi pada permukaan hasil interpolasi dengan mengambil sampel sebanyak 666 titik sampel yang tersebar pada area pengukuran yang juga diperoleh dari data pengukuran topografi. Dan untuk menghitung rata-rata kesalahan yang dihasilkan oleh permukaan interpolasi *gridding* terhadap elevasi pengukuran menggunakan rumus RMSE. Berikut merupakan RMSE untuk residu yang terjadi permukaan interpolasi *gridding* pada *existing ground* dengan jumlah titik 666 titik sample.

Tabel 4.1. RMSE residu *gridding*

RMSE (m)	IDP	0.714
	KR	0.293
	NANE	0.367
	RBF	0.360
	TLI	0.384

Dari hasil perhitungan RMSE untuk permukaan hasil interpolasi *gridding*, didapat RMSE terkecil pada metode *Kriging* sebesar 0.293 meter, dan terbesar pada metode *Inverse Distance to a Power (IDP)* dengan nilai RMSE sebesar 0.714 meter. Dari hasil tersebut kemudian dapat disimpulkan bahwa dari kelima metode *gridding* yang digunakan bentuk permukaan terbaik berdasarkan data pengukuran pada studi kasus ini dihasilkan dengan metode *Kriging*.

#### 4.1.4. Volume data *Gridding*

Volume pada data *gridding* dihitung dengan menggunakan perbedaan *surface* antara *existing ground* dan *design ground* yang telah ditentukan dengan batas *boundary* sesuai area

pekerjaan, perhitungannya dikerjakan pada *software Surfer 15*. Table 4.7 akan menjelaskan tentang hasil volume data *gridding*.

Tabel 4.2 Volume data *Gridding*

Metode <i>Gridding</i>	Volume (m <sup>3</sup> )
<i>Invers Distance to a Power</i>	578011.034
<i>Kriging</i>	543025.324
<i>Natural Neighbor</i>	545145.375
<i>Radial Basis Function</i>	541715.762
<i>Triangulation with Linear Interpolation</i>	544379.544

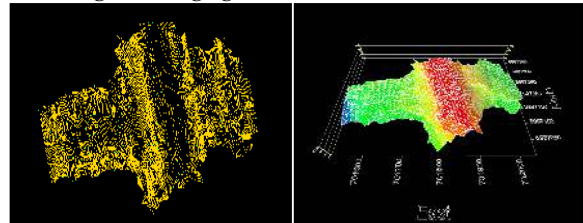
Perbedaan permukaan yang dihasilkan dari interpolasi grid atau *gridding*, menyebabkan hasil perhitungan volume yang berbeda untuk setiap metode yang digunakan. Dari hasil perhitungan volume menggunakan data *gridding* diperoleh volume terkecil pada metode *Radial Basis Function* dengan nilai perhitungan 541715.762 m<sup>3</sup> dan perhitungan volume terbesar pada metode *Radial Basis Function* dengan nilai 578011.034 m<sup>3</sup>.

#### 4.2. Data tanpa *Gridding*

Hasil data tanpa *gridding* diperoleh dengan metode perhitungan volume *surface to surface* yang dikerjakan pada *software Terramodel 10.3*. data dibentuk menjadi TIN untuk pembentukan kontur dan divisualisasikan secara 3D menggunakan *3D Visualiser* pada *Terramodel*.

##### 4.2.1. Hasil Pembentukan Kontur dan DTM Data tanpa *Gridding*

Gambar dibawah ini akan menunjukkan hasil pembentukan kontur dengan interval 0.5 m serta hasil visualisasi 3D DTM pada data *existing* dan *design ground*.



Gambar 4.3. Visualisasi Kontur dan DTM *existing ground*

Secara umum *software Terramodel* memiliki cara pembentukan permukaan yang sama seperti pada *software CAD* yaitu menggunakan TIN. Representasi bentuk permukaan yang dihasilkan, sesuai terhadap kondisi di lapangan.

##### 4.2.2. Volume data tanpa *Gridding*

Volume pada data tanpa *gridding* menggunakan perbandingan *surface to surface* dari hasil TIN pada *Software Terramodel 10.3* yang dibatasi oleh *boundary area* pengukuran memperoleh hasil perhitungan volume sebesar 541575.89 m<sup>3</sup>.

#### 4.3. Ketelitian Volume Terhadap Toleransi ASTM

Dari hasil perhitungan volume yang diperoleh, kemudian akan dibandingkan terhadap hasil galian sebenarnya dari bendungan *Rotiklot* yang memakai metode *Average End Area* dengan toleransi sebesar  $\pm 2.78\%$  berdasarkan ASTM. Berikut

adalah hasil dan selisih perhitungan dengan volume asli dapat dilihat pada table dibawah.

Tabel 4.3 Selisih terhadap volume asli

Volume Real (m <sup>3</sup> )	Metode	Volume Perhitungan (m <sup>3</sup> )	Selisih (m <sup>3</sup> )
542773.19	IDP	578011.034	35237.84
	KR	543025.324	252.134
	NANE	545145.375	2372.185
	RBF	541715.762	-1057.43
	TLI	544379.544	1606.354
	Surface to Surface (TIN)	541575.89	-1197.3

Tabel 4.4 Presentase selisih volume

Metode	Presentase (%)
IDP	6.49
KR	0.04
NANE	0.43
RBF	-0.19
TLI	0.29
Surface to Surface (TIN)	-0.22

Pada metode *gridding*, hasil perhitungan dengan metode *Kriging* memperoleh hasil terbaik dengan selisih perhitungan 252.134 m<sup>3</sup> terhadap volume asli atau sebesar 0.04%, sedangkan untuk ketelitian terendah adalah menggunakan metode *Inverse Distance to a Power (IDP)* dengan selisih volume sebesar 35237.84 m<sup>3</sup> atau mencapai 6.49%, hal ini disebabkan karena pembentukan permukaan pada area tanpa data pada metode ini tidak sesuai dengan permukaan yang seharusnya, sehingga perhitungan volumenya pun menjadi salah. Pada data tanpa *gridding* menggunakan TIN, perhitungan volume yang diperoleh adalah sebesar 541575.89 m<sup>3</sup> dengan selisih terhadap volume asli adalah -1197.3m<sup>3</sup> atau selisih sebesar -0.22%.

Berdasarkan toleransi ASTM  $\pm 2.78\%$ , metode yang dapat digunakan untuk perhitungan volume pada area study kasus yang dikerjakan adalah metode *Kriging*, *Natural Neighbor*, *Radial Basis Fuction*, *Triangulation with Lineaar Interpolation (TLI)* dan *Surface to Surface (TIN)*.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari pengolahan data dan analisa ketelitian perhitungan volume menggunakan data *gridding* dan tanpa *gridding*, dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan sebaran data pengukuran, penyimpangan atau *error* permukaan *gridding* terbesar terjadi pada metode *IDP (Inverse Distance to a Power)* dengan RMSE mencapai 0.714 m, dan terkecil pada metode *Kriging* dengan RMSE sebesar 0.293 m.
2. Dari kelima metode *gridding* yang digunakan, terdapat empat metode perhitungan volume yang masuk dalam toleransi ASTM 2.78% yaitu metode *Kriging* sebesar 0.04 %, *Natural Neighbor* sebesar 0.43 %, *Radial Basis Function* -0.19% dan *Triangulation with Linear Interpolation* sebesar 0.29% terhadap total volume asli yaitu 542773.19 m<sup>3</sup>.
3. Pada data tanpa *gridding* menggunakan metode *surface to surface (TIN)* hasil volume yang diperoleh sebesar

541575.89 m<sup>3</sup> atau dengan selisih -0.22% terhadap volume asli.

4. Dari data pengukuran dan metode *gridding* dan tanpa *gridding* yang digunakan, hasil hitungan terbaik diperoleh pada metode *gridding Kriging* yang artinya untuk sebaran data yang berjauhan, perlu dilakukan proses interpolasi *gridding*, tetapi perlu dipertimbangkan juga hasil RMSE.

### 5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka penulis merekomendasikan berupa saran-saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Jika ingin melakukan perbandingan perhitungan volume, sebaiknya data pembanding yang digunakan adalah data *truck count* atau data volume yang diperoleh dari hitungan muatan *truck*.
2. Untuk menghitung volume menggunakan *gridding software surfer*, sebaiknya mencoba semua metode *gridding* yang ada sehingga mengetahui metode yang dapat digunakan untuk merepresentasikan bentuk permukaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Autodesk. 2008. *Autocad Land Desktop 2009 Getting Started*. San Rafael USA : Autodesk Inc.
- Childs, Colin. 2011. *Interpolating Surface in ArcGis Spatial Analyst*. Esri Education Service : ESRI
- Darius, Puan. 2005. *Jalan Dalam Langkah Land Desktop Civil Design*. Jakarta : Informatika.
- Duffy, Daniel P. 2017. *Measuring Earthwork Volumes*. Santa Barbara USA : Forester Media Inc.
- Golden Software. 2014. *Surfer 12 Full User's Guide*. Colorado USA : Golden Software Inc.
- Li Zhilin, Zhu Qing dan Gold C. *Digital Terrain Model Principle and Methodology*. New York : CRC Press.
- Muda, Iskandar. 2008. *Survey dan Pemetaan Jilid 3*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Republik Indonesia. 2010. *Peraturan Pemerintah No. 37 Tahun 2010 tentang Bendungan*. Lembaran RI Tahun 2010, No.1. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Rosida, Anna. 2013. *Perbandingan Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Metode Cross Section dan Aplikasi Lain*. Semarang : Fakultas Teknik Prodi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Susrodarsono S. dan Takeda K. 1977. *Bendungan Type Urungan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Trimble Navigation Limited. 2002. *Terramodel Training Guide*. Ohio USA: Trimble Navigation and Limited Engineering and Construction.