

**ANALISIS PERBANDINGAN PERHITUNGAN
VOLUME TIMBUNAN DARI DATA BATIMETRI
MULTIBEAM ECHOSOUNDER HASIL INTERPOLASI GRID
DENGAN INTERPOLASI TIN**

(Studi Kasus: PLTU Tanjung Jati B Jepara, Jawa Tengah)

Theddyas M. B. Nugroho¹, Aning Haryati S.T., M.T.², Raden Gumilar S.T., M.T.³

¹Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

²Dosen pembimbing 1 Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

³Dosen pembimbing 2 Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

ABSTRACT

In underwater backfilling work, a bathymetry survey is required to measure the progress of underwater embankment work. The acquired data is then calculated into a volume count. In this study, a comparison of the calculation of embankment volume was carried out based on existing surface data resulting from the acquisition of a multibeam echosounder at PTLU Tanjung Jati B Jepara.

Comparisons were made on the volume resulting from the gridding interpolation method; Kriging, Minimum Curvature (MC), Radial Basis Function (RBF), and Triangulation with Linear Interpolation (TLI) on volume data interpolated by Triangulated Irregular Network (TIN). The choice of the grid method is determined by considering the amount of data used, the shape of the surface, and the level of precision that has been tested.

Based on the results of the gridding, the DTM grid model has an RMSE value of ≤ 0.10 m and a Total Vertical Uncertainty (TVU) value that meets the 95% confidence level tolerance recommended by IHO S-44 Edition 6.0.0 2020. The highest level of precision is produced by DTM MC with an RMSE value of 0.069 m and the lowest level of precision is produced by the DTM RBF with an RMSE value of 0.100 m. In the volume comparison of DTM Grid to DTM TIN with the cross sections calculation method, it was found that the difference in the lowest volume count was on DTM MC with a volume difference value of 6.55 m³. While the biggest difference is in the DTM TLI method with a volume difference value of 20.20 m³.

Keywords: *backfilling, echosounder, gridding, volume, DTM*

ABSTRAK

Pada pekerjaan backfilling di bawah laut, survei batimetri diperlukan untuk mengukur progres pekerjaan timbunan di bawah laut. Data hasil akuisisi kemudian dihitung menjadi suatu hitungan volume. Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan perhitungan volume timbunan berdasarkan data permukaan existing hasil akuisisi multibeam echosounder di PTLU Tanjung Jati B Jepara.

Perbandingan dilakukan pada volume hasil metode interpolasi gridding; Kriging, Minimum Curvature (MC), Radial Basis Function (RBF), dan Triangulation with Linear Interpolation (TLI) terhadap data volume hasil interpolasi Triangulated Irregular Network (TIN). Pemilihan metode grid tersebut ditentukan dengan mempertimbangan jumlah data yang digunakan, bentuk permukaan dan tingkat presisi yang pernah diuji.

Berdasarkan hasil *gridding* yang dilakukan menghasilkan model DTM *grid* dengan nilai $RMSE \leq 0,10$ m dan nilai *Total Vertical Uncertainty* (TVU) memenuhi toleransi *confidence level* 95% yang dianjurkan IHO S-44 Edisi 6.0.0 tahun 2020. Tingkat presisi tertinggi dihasilkan oleh DTM MC dengan nilai $RMSE$ 0,069 m dan tingkat presisi terendah dihasilkan oleh DTM RBF dengan nilai $RMSE$ 0,100 m. Pada perbandingan volume pada DTM *Grid* terhadap DTM TIN dengan metode perhitungan *cross sections*, didapatkan bahwa selisih hitungan volume terendah pada DTM MC dengan nilai selisih volume $6,55 \text{ m}^3$. Sedangkan selisih terbesar terdapat pada metode DTM TLI dengan nilai selisih volume $20,20 \text{ m}^3$.

Kata kunci: *backfilling*, *echosounder*, *gridding*, volume, DTM

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penimbunan kembali (*backfilling*) adalah proses penggunaan kembali atau penggantian tanah yang dihilangkan selama penggalian pondasi, pelat bantalan tanah atau pekerjaan tanah lainnya untuk mendukung dan memperkuat struktur, melindungi fondasi dan membentuk bagian dari substruktur pelat, jalan raya, trotoar, dan elemen pekerjaan dasar lainnya. Kebutuhan untuk pekerjaan *backfill* akan ditentukan selama penyelidikan tanah yang juga akan digunakan oleh para insinyur untuk merumuskan desain dan volume penimbunan (*Designing Buildings*, 2022). Karena volume penimbunan sangat mempengaruhi keberhasilan dalam suatu pekerjaan pembangunan, maka diperlukan perhitungan volume timbunan pada material yang dikerjakan harus tepat dan akurat sesuai dengan kenyataan di lapangan.

Pada pekerjaan konstruksi bawah air, diperlukan survei batimetri untuk guna memperoleh data kedalaman dan kondisi topografi dasar laut, juga lokasi objek-objek yang berpotensi menimbulkan bahaya. Data akuisisi hasil survei batimetri berupa nilai titik kedalaman, kumpulan titik ini diolah menjadi suatu model permukaan atau biasa disebut *Digital Terrain Model* (DTM). Bentuk DTM ini yang nantinya dapat digunakan untuk menghitung volume permukaan timbunan. *Triangulated Irregular Network* (TIN), yang dikembangkan oleh Peucker dkk., pada

tahun 1978 untuk pemodelan elevasi digital (Li & Heap, 2008), merupakan salah satu teknik terluas yang digunakan dalam interpolasi data batimetri.

Menurut De Wulf, dkk (2006) interpolasi TIN dilakukan dengan menghormati data pengukuran tanpa menghasilkan atau mengganti data baru. Hal ini menyebabkan proses pengolahan data lumayan menghabiskan waktu yang cukup lama mengingat bahwa jumlah data yang dihasilkan dari MBES cukup besar. Selain metode interpolasi TIN terdapat juga metode *Grid* (jaringan berbasis *grid*) yang biasa digunakan dalam pembentukan DTM. Model-model ini merupakan dasar yang baik untuk analisis, visualisasi dan membuat bagan (Maleika W. P., 2012).

Pada penelitian kali ini, dilakukan perhitungan volume terhadap permukaan DTM pekerjaan *backfill* pada proyek instalasi pipa di bawah laut di PTLU Tanjung Jati B Jepara. Dengan membandingkan perhitungan volume dari DTM metode interpolasi *grid* terhadap DTM metode interpolasi *Triangulated Irregular Network* (TIN). Proses perhitungan volume menggunakan metode *cross sections* untuk mendapatkan hasil perbandingan yang lebih teliti. Penulis berharap data yang dihasilkan dari analisa dan perbandingan yang dilakukan dapat memberikan opsi alternatif terhadap metode interpolasi yang lebih cepat dan tepat sehingga dapat diaplikasikan pada perhitungan volume dan pekerjaan survei batimetri lainnya.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di dalam kawasan PLTU Tanjung Jati B yang terletak di Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Area penelitian berada di jalur pipa *intake* air laut di kawasan PLTU dimulai dari *station* (STA) 250 hingga 750 dengan luas area 4 Ha.



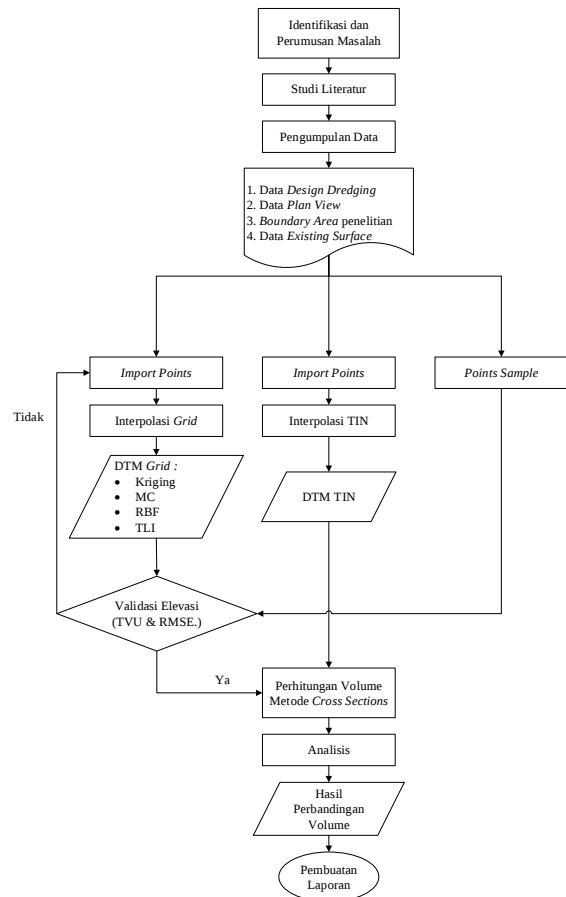
Gambar 1 Lokasi Penelitian di PLTU Tanjung Jati B, Jepara, Jawa Tengah

Metode Analisis

Dalam penelitian tugas akhir ini digunakan metode analisis komparatif, yang dimaksudkan untuk mengetahui dan atau menguji perbedaan dua kelompok atau lebih. Pada penelitian ini, metode komparatif yang digunakan menggunakan komparatif kuantitatif dengan membandingkan hasil perhitungan volume dari DTM hasil *gridding* dengan volume dari DTM hasil interpolasi TIN. Hasil yang dihasilkan dari analisa berupa nilai selisih dan persentasi volume DTM dari berbagai macam metode *gridding* terhadap volume DTM TIN yang dianggap benar.

Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran yang dilaksanakan dalam kegiatan penelitian ini dapat dilihat dari diagram Gambar 2.



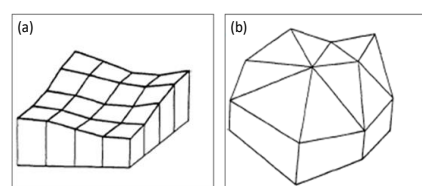
Gambar 2 Diagram alir kerangka pemikiran

Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data yang dilakukan pada penelitian berupa :

1. Pembuatan DTM

Pengolahan data dilakukan pada data titik koordinat *existing surface* hasil pengolahan data MBES Hasil dari tahapan pengolahan data ini merupakan gambar kontur dan DTM dari proses interpolasi *grid* (*Kriging*, *Minimum Curvature* (MC), *Radial Basis Function* (RBF), *Triangulation with Linear Interpolation* (TLI)) dan interpolasi *Triangulated Irregular Network* (TIN).



Gambar 3 Ilustrasi DTM *grid* (a) dan DTM TIN (b)

2. Validasi Elevasi DTM *Grid*

Pada proses validasi ini, setiap DTM yang dibentuk menggunakan metode *grid* perlu diuji hasil interpolasinya dengan cara membandingkan nilai elevasi hasil interpolasi dengan titik *sample* dari hasil *sounding* (yang juga digunakan dalam pembentukan DTM TIN). Titik *sample* yang digunakan merupakan kumpulan titik poin yang berada sejajar dan / atau berhimpit dengan garis *cross sections* berjumlah 71.569 titik. Perhitungan TVU pada *confidence level* 95 % dilakukan menggunakan persamaan yang ditetapkan IHO dengan mengacu kelas *special order*, serta perhitungan RMSE dari DTM *grid* menggunakan *software Ms. Excel*.

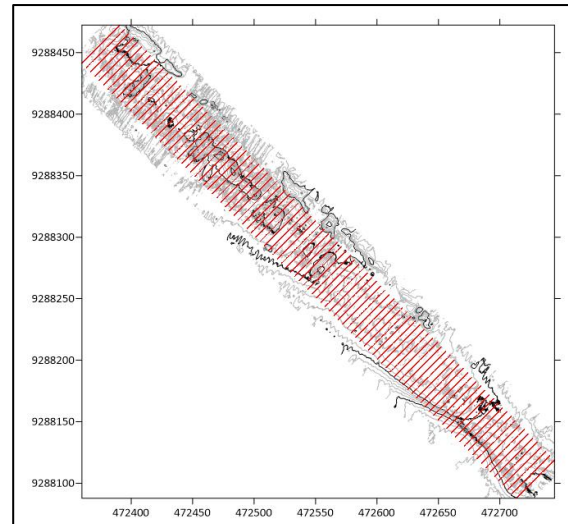
Untuk memeriksa presisi dari setiap metode *gridding*, *Root Mean Square Error* (RMSE) dihitung dengan persamaan (1). Dimana tingkat presisi tinggi dilihat dari hasil perhitungan memiliki nilai rendah (mendekati nilai nol). Nilai residu Z didapatkan dari selisih elevasi titik pengukuran (DTM TIN) dan titik hasil pembentukan interpolasi DTM *grid*. Presisi absolut ini dihitung pada setiap metode *gridding* yang dilakukan.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Residu Z)^2}{n}} \dots\dots\dots (1)$$

Rumus di bawah ini digunakan untuk menghitung, pada 95% tingkat kepercayaan (*Confidence Level*), TVU maksimum yang diijinkan (IHO, 2020) :

$$TVU = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \dots\dots\dots (0)$$

- a = kesalahan independen (jumlah kesalahan yang bersifat tetap)
- b = faktor kesalahan kedalaman dependen (jumlah kesalahan bersifat tidak tetap)
- d = kedalaman terukur
- (b x d) = kesalahan kedalaman yang dependen (jumlah semua kesalahan kedalaman yang dependen)



Gambar 4 Sebaran titik sample uji validasi

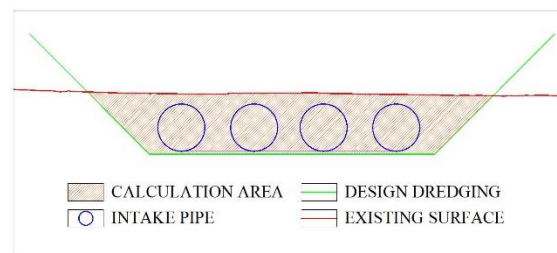
3. Perhitungan Volume

Perhitungan volume berasal dari hitungan luas penampang melintang (*cross sections*) pada setiap STA dengan interval 5 m dari DTM *grid* dan DTM TIN. Luas area yang dihitung merupakan luas antara permukaan *design dredging* dan *surface existing*. Berikut rumus perhitungan luas berdasarkan bentuk dan ukuran profil melintang pada persamaan (3).

$$V = \frac{(A1+A2)}{2} \times L \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- A1 = Luas Penampang 1
- A2 = Luas Penampang 2
- L = Jarak datar antar 2 penampang



Gambar 5 Sketsa area perhitungan volume

4. Perbandingan Hitungan Volume

Perbandingan perhitungan volume dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil hitungan volume DTM dengan berbagai macam metode *gridding* terhadap volume DTM TIN sebagai acuan. Hasil dari

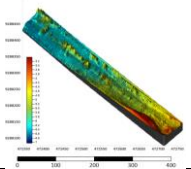
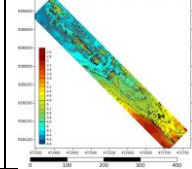
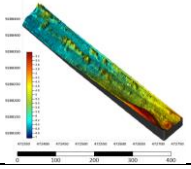
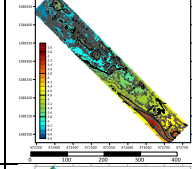
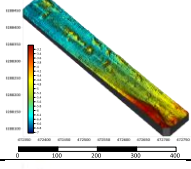
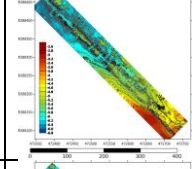
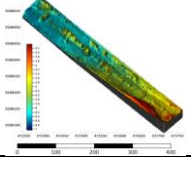
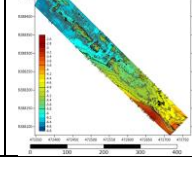
analisis ini berupa nilai selisih dan nilai persentase volume.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pembuatan DTM Grid

Hasil dari proses *gridding* berupa data kontur yang terbentuk dari sebaran *node grid* berjarak 0,25 m x 0,25 m dengan interval kontur minor 0,20 m yang dapat diisi dengan klasifikasi warna sesuai dengan nilai kedalaman. Data kontur ini yang nantinya akan digunakan untuk membentuk model 3D DTM. Adapun hasil DTM dan kontur data *grid* pada tabel di bawah ini.

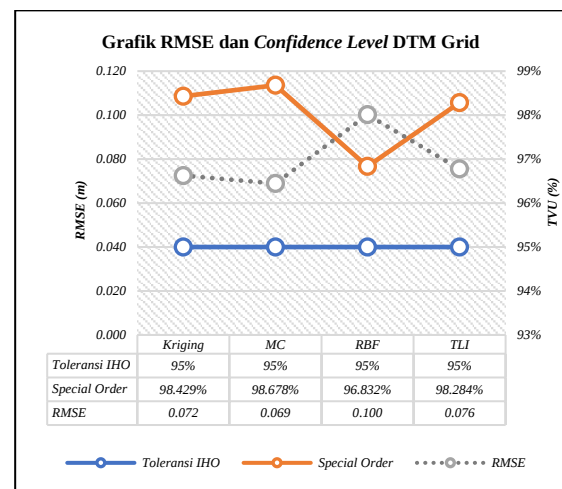
Tabel 1 Hasil *gridding*

Metode	DTM	Kontur
Kriging		
MC		
RBF		
TLI		

Hasil Validasi DTM Grid

Proses validasi dilakukan pada DTM hasil *gridding* dengan cara menghitung *Total Vertical Uncertainty* (TVU) maksimum yang diijinkan pada tingkat kepercayaan *confidence level* (CL) pada 95 %. Pada klasifikasi *order* dari standar S-44 edisi 6.0.0 yang diterbitkan oleh IHO pada tahun 2020, perhitungan dilakukan

mengacu pada kelas *special order* dengan nilai $a = 0,25$ m dan $b = 0,0075$. Penentuan kelas *special order* dilakukan karena terdapat objek kritikal pada *underkeel clearance* yaitu objek pipa dan dengan cakupan wilayah batimetri 100%. Berikut hasil validasi nilai elevasi DTM metode *grid*.



Gambar 6 Grafik *confidence level* dan RMSE DTM Grid

Dari grafik pada di atas dapat disimpulkan bahwa semua metode *gridding* memenuhi toleransi sesuai dengan yang dianjurkan IHO yaitu tingkat kepercayaan (*confidence level*) minimum yaitu 95%. Dari semua metode *gridding* dapat disimpulkan pula bahwa tingkat presisi dan tingkat kepercayaan tertinggi dihasilkan oleh metode *gridding minimum curvature* dengan nilai RMSE terendah yaitu 0,069 m dan dengan nilai persentase *confidence level* tertinggi berjumlah 98,678%.

Hal ini dikarenakan metode *gridding minimum curvature* memiliki prinsip dasar untuk membuat permukaan sehalus mungkin dan tetap mempertahankan nilai data yang tersedia sebisa mungkin. Dengan menghitung kembali nilai *nodes grid* hingga mencapai nilai yang lebih rendah dari residu maksimum atau hingga jumlah maksimum iterasi tercapai.

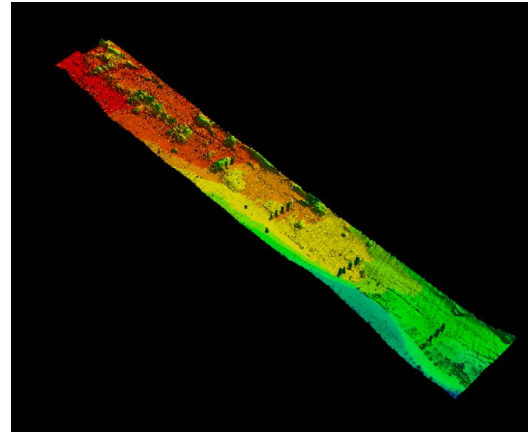
Sedangkan metode *gridding* dengan tingkat presisi dan tingkat kepercayaan data terendah dihasilkan oleh metode *gridding radial basis function* dengan nilai RMSE 0,100 m dan dengan nilai persentase

confidence level terendah yaitu 96,832%. Walaupun hasil dari interpolasi memiliki hasil yang mirip dengan metode *kriging*, metode ini tidak terlalu bagus pada jumlah data yang sangat banyak seperti yang digunakan pada penelitian ini sehingga menghasilkan nilai residu yang cukup besar dibanding dengan metode *gridding* lainnya. Namun, metode interpolasi ini masih dalam toleransi yang dianjurkan oleh IHO.

Pada peringkat kedua dan ketiga yaitu pada metode *gridding kriging* dan *triangulation with linear interpolation* memiliki nilai RMSE dan tingkat kepercayaan yang hampir sama. Hal ini dikarenakan metode *kriging* merupakan salah satu metode interpolasi yang terbukti terpercaya dan populer pada banyak bidang geostatistik dengan mencoba menggunakan tren yang disarankan dalam data secara efektif. Sehingga metode *kriging* menghasilkan nilai presisi yang bagus pada setiap tipe medan area terlepas dari kelemahannya yaitu pemrosesannya yang cukup lama pada jumlah data yang banyak. Pada metode *gridding triangulation with linear interpolation* juga menghasilkan tingkat presisi yang bagus karena bentuk permukaan didefinisikan dalam bentuk jaring segitiga seperti metode TIN dan tetap mencoba mempertahankan nilai yang terdapat didalam data sedekat mungkin.

Hasil Pembentukan DTM TIN

Pada penelitian ini metode interpolasi TIN dijadikan sebagai acuan pembanding karena sebaran titik koordinat hasil MBES yang cukup rapat sehingga dapat mewakili nilai elevasi *existing surface* secara menyeluruh tanpa memanipulasi kumpulan titik koordinat tersebut. Berikut hasil dari pembentukan DTM TIN.

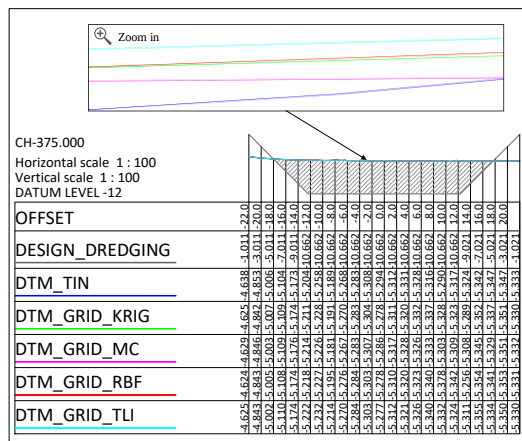


Gambar 7 Hasil pembentukan DTM TIN

Dari hasil pembuatan DTM TIN pada Gambar 7, diketahui bahwa nilai elevasi terdangkal bernilai -2,620 m digambarkan berwarna biru dan nilai elevasi terdalam -7,250 m digambarkan warna merah. Setelah kedua tipe DTM terbentuk, selanjutnya tahapan perhitungan dan perbandingan volume dapat dilakukan. DTM TIN dijadikan sebagai acuan dasar perbandingan yang dilakukan.

Hasil Perhitungan Volume

Perhitungan volume berasal dari hitungan luas penampang melintang (*cross sections*) pada setiap STA dengan interval jarak 5m. Luas area yang dihitung merupakan luas antara permukaan *design dredging* dan *surface existing*. Perhitungan volume ini cukup efektif pada tipikal jarak dan tipikal dimensi penampang melintang yang sama. Berikut contoh gambar penampang melintang (*cross sections*).



Gambar 8 Contoh penampang melintang (*cross sections*)

Hasil dari perhitungan volume selanjutnya berupa *report* yang berisi keterangan STA, luas area *cross sections*, rata-rata luas area, jarak dan volume antar STA. Contoh *report* hasil perhitungan volume yang dilakukan pada DTM TIN dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Contoh report hasil perhitungan volume DTM TIN

STA	Luas Area	Rata-rata Luas Area	Jarak	Volume
	m ²	m ²	m	m ³
250	164,080			
		163,720	5	818,600
255	163,350			
		163,050	5	815,250
260	162,740			
		162,600	5	813,000
265	162,450			
		162,760	5	813,800
270	163,060			
		164,100	5	820,500
275	165,140			
		167,040	5	835,200
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
740	195,870			
		193,770	5	968,850
745	191,670			
		191,000	5	955,000
750	190,320			
Total			500	87.059,350

Dari hasil perhitungan volume DTM TIN pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa total volume DTM TIN berjumlah 87.059,350 m³. Proses ini dilakukan juga terhadap DTM hasil *gridding*. Berikut nilai hasil perhitungan volume pada DTM metode *gridding*.

Tabel 3 Hasil perhitungan volume DTM *grid*

No	Volume DTM Grid	
	Metode	m ³
1	Kriging	87.066,700
2	Minimum Curvature	87.065,900
3	Radial Basis Function	87.070,600
4	Triangulation with Linear Interpolation	87.079,550

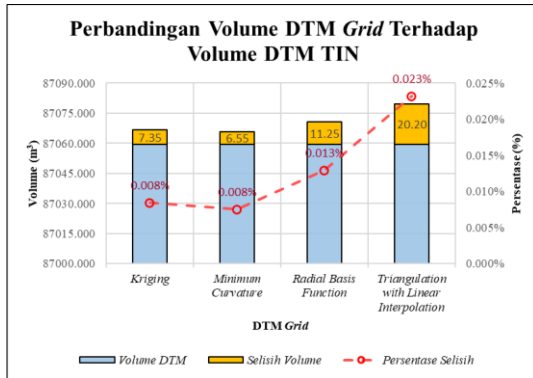
Dapat terlihat pada tabel di atas bahwa setiap nilai volume pada DTM *Grid* berbeda-beda walaupun dengan spasi jarak *grid node* yang sama. Hal ini dikarenakan setiap metode *gridding* menggunakan algoritma matematika yang berbeda-beda dalam menentukan nilai elevasi pada setiap *grid node*. Sehingga setiap metode menghasilkan representasi data yang berbeda. Hitungan volume tertinggi terdapat pada metode *gridding triangulation with linear interpolation* dengan nilai 87.079,550 m³, hal ini berkorelasi dengan contoh gambar *cross sections* pada Gambar 8 yang menunjukkan bahwa permukaan DTM TLI berada pada posisi terdangkal (lebih tinggi dari DTM TIN). Sedangkan hitungan volume terendah terdapat pada metode *minimum curvature* dengan nilai 87.065,900 m³.

Hasil Perbandingan Volume

Perbandingan volume dilakukan dengan melakukan komparasi pada perhitungan volume DTM hasil *gridding* dengan volume DTM TIN yang dianggap benar. Hasil perbandingan berupa nilai selisih dan nilai persentase selisih volume. Berikut hasil dari perbandingan volume digambarkan pada Tabel 4 dan Gambar 9 di bawah ini.

Tabel 4 Perbandingan Volume DTM *Grid* dengan DTM TIN

No.	Volume DTM Grid		Volume DTM TIN	Selisih	Persentase
	Metode	m ³	m ³	m ³	%
1	Kriging	87,066.70	87059.350	7.35	0.008%
2	Minimum Curvature	87,065.90		6.55	0.008%
3	Radial Basis Function	87,070.60		11.25	0.013%
4	Triangulation with Linear Interpolation	87,079.55		20.20	0.023%



Gambar 9 Diagram hasil perbandingan volume DTM

Nilai selisih terkecil dari perbandingan hitungan volume terdapat pada DTM *grid minimum curvature* dengan nilai selisih volume 6,55 m³ dengan nilai persentase selisih 0,008% lebih banyak dari perhitungan volume DTM TIN. Hal ini dikarenakan metode *minimum curvature* merupakan metode yang paling efektif digunakan pada permukaan yang relatif datar (*flat*) dengan persebaran titik koordinat yang banyak dan sangat rapat. Sehingga menghasilkan permukaan yang relatif halus namun tetap mempertahankan presisi dan tingkat kepercayaan data yang tinggi. Mengacu pada hasil dari penelitian ini, metode *minimum curvature* sangat direkomendasikan sebagai metode interpolasi dalam pengolahan data hasil akuisisi *multibeam echosounder*.

Pada peringkat kedua dan ketiga dari nilai selisih volume terendah terdapat pada metode *gridding kriging* dan *radial basis function* (RBF), dengan nilai persentase selisih masing – masing 0,008% dan 0,013% berlebih dari nilai volume DTM TIN. Sedangkan selisih terbesar terdapat pada metode DTM *triangulation with linear interpolation* (TLI) dengan nilai selisih volume 20,20 m³ dengan nilai persentase 0,023% lebih dari volume DTM TIN.

Hal ini dikarenakan terjadinya perbedaan interpolasi jaring segitiga yang dihasilkan oleh metode TLI dengan metode TIN pada area yang kosong (tidak memiliki data), sehingga terjadinya selisih dari perbandingan hitungan volume tersebut.

Metode *gridding* TLI menghasilkan DTM dengan tingkat kepercayaan dan presisi yang tinggi namun perhitungan volume yang dihasilkan cukup besar selisihnya diantara metode yang lain. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, mengacu pada hasil dari penelitian ini, metode *gridding* TLI tidak direkomendasikan sebagai metode interpolasi dalam pengolahan data hasil akuisisi *multibeam echosounder*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, kesimpulan yang dapat penulis simpulkan adalah :

1. Berdasarkan hasil *gridding* terhadap data hasil *sounding multibeam echosounder* menghasilkan model DTM dengan tingkat presisi tertinggi dihasilkan oleh metode *minimum curvature* dengan nilai RMSE 0,069 meter dan nilai persentase *confidence level* 98,678%. Tingkat presisi terendah pada metode *radial basis function* memiliki tingkat presisi terendah dengan nilai RMSE yang dihasilkan yaitu 0,10 meter dan nilai persentase *confidence level* 96,832%.
2. Pada perbandingan hitungan volume DTM *grid* terhadap DTM TIN dengan metode *cross sections*, didapatkan bahwa selisih hitungan volume terendah pada DTM *grid minimum curvature* dengan nilai selisih volume 6,55 m³ dengan nilai persentase 0,008% lebih banyak dari hitungan volume DTM TIN. Sedangkan nilai selisih terbesar terdapat pada metode DTM *triangulation with linear interpolation* (TLI) dengan nilai selisih volume 20,20 m³ dengan nilai persentase 0,023% lebih dari volume DTM TIN.

SARAN

Dari kesimpulan di atas, penulis memberikan saran kepada penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Pada perhitungan volume dapat menggunakan cara dan metode lain selain dari profil melintang untuk menguji keakuratan perhitungan.
2. Pada pemodelan DTM dengan interpolasi *grid* sebaiknya mencoba menggunakan fitur metode *grid* lain ataupun parameter interpolasi lain untuk mengetahui tingkat ketelitian serta karakteristik dari setiap metode interpolasi yang dihasilkan.
3. Pengaplikasian MBES sangat banyak dan dapat digunakan secara lanjut menjadi suatu karya ilmiah / bahan penelitian lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhargava, N., Bhargava, R., & Tanwar, P. S. (2013). Triangulated Irregular Network Model from Mass Points. *International Journal of Advanced Computer Research*, 2249-7277.
- Designing Buildings. (2022, June 29). *Backfilling*. Retrieved from www.designingbuildings.co.uk: <https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Backfilling>
- De Wulf, A. H. (2006). *TIN-based Digital Terrain Modelling Using Multibeam Data*.
- IHO. (2020). *Standards for Hydrographic Surveys S-44 Edition 6.0.0*. Monaco: International Hydrographic Organization.
- Lam, N. (2009). *Spatial Interpolation*. Louisiana State Univer, Baton Rouge, LA, USA: International Encyclopedia of Human Geography,.
- Li, J., & Heap, A. D. (2008). *A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists*. Canberra: Geoscience Australia, Record 2008/23.
- Maleika, W. P. (2012). Interpolation Methods and the Accuracy of Bathymetric Seabed Models Based on Multibeam Echosounder Data. *Asian Conference on Intelligent Information and Database System* (pp. 466–475). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Meikalyan, R. (2016). *Studi Komparasi Standar Pelayanan Minimal (SPM) Bus Trans Jogja*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.