

Analisis Perhitungan Volume Galian Tambang Terbuka (Open Pit Mining) Menggunakan Interpolasi Metode Gridding

Analysis of Open Pit Mining Volume Calculation using Interpolation Gridding Method

Hafezs Satriani Ramadhan*, Akbar Kurniawan, Mohammad Rohmaneo Darminto

Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Korespondensi penulis: satriah123@gmail.com

Diterima: 18082021; Diperbaiki: 28102021; Disetujui: 15112021; Dipublikasi: 10012022

Abstrak: Dalam kegiatan penambangan memerlukan perhitungan volume galian. Untuk mengetahui angka produksi, dilakukan perhitungan volume progress penambangan setiap per bulannya. Perhitungan volume diolah dengan 3D Modelling menggunakan sebuah software pertambangan. Perhitungan galian memiliki permasalahan yang kompleks serta volume galian akan sangat berpengaruh terhadap perhitungan cadangan sumberdaya batubara, oleh karena itu perhitungan volume galian harus dilakukan seteliti mungkin agar tidak ada yang dirugikan. Penelitian ini akan mencoba mengkaji perhitungan volume menggunakan teknik gridding yang hasilnya akan dibandingkan dengan volume hasil galian yang diangkut oleh dump truck. Perhitungan volume dilakukan dengan menggunakan metode Trapezoidal dengan interpolasi menggunakan beberapa metode gridding meliputi Inverse Distance Weight to a Power (IDW), Triangulation with Linear Interpolation, Finite Element Method (FEM), Finite Difference Method (FDM). Hasil perhitungan dari beberapa metode dalam perangkat lunak tersebut dibandingkan terhadap nilai volume batubara yang terangkut (Aktual) dengan mengacu pada toleransi ASTM (American Society for Testing and Materials), yakni batas maksimal persentase selisih hasil perhitungan volume, yaitu sebesar 2,78%. Dari hasil perhitungan volume didapatkan nilai selisih volume yang beragam, metode FEM memperoleh hasil terbaik dengan selisih perhitungan 11,933.13 m³ terhadap volume aktual atau sebesar 0.181% pada bulan juni dan selisih perhitungan 5,698.86 m³ terhadap volume aktual atau sebesar 0.084% pada bulan juli, sedangkan untuk ketelitian terendah adalah menggunakan metode Inverse Distance to a Power (IDW) dengan selisih volume sebesar -233,873.86 m³ atau mencapai -3.543% untuk bulan juni dan -241,981.57 m³ atau mencapai -3.560% untuk bulan juli, hal ini disebabkan karena surface yang terbentuk pada interpolasi grid IDW tidak sesuai dengan bentuk permukaan sebenarnya sehingga perhitungan volume tidak akurat.

Copyright © 2022 Geoid. All rights reserved.

Abstract: In mining activities, it is necessary to calculate the volume of excavation. To find out the production figures, the volume of mining progress is calculated every month. Volume calculations are processed with 3D Modeling using a mining software. Excavation calculations have complex problems and the volume of excavation will greatly affect the calculation of coal resource reserves, therefore the calculation of the volume of excavation must be carried out as accurately as possible so that no one is harmed. This study will try to examine the volume calculation using the gridding technique whose results will be compared with the volume of the excavation carried by the dump truck. The volume calculation is done using the Trapezoidal method with interpolation using several gridding methods including Inverse Distance Weight to a Power (IDW), Triangulation with Linear Interpolation, Finite Element Method (FEM), Finite Difference Method (FDM). The results of calculations from several methods in the software are compared to the value of the volume of coal transported (Actual) with reference to the ASTM (American Society for Testing and Materials) tolerance, which is the maximum percentage difference between the volume calculation results, which is 2.78%. From the results of volume calculations, various volume differences are obtained, the FEM method obtains the best results with a calculation difference of 11,933.13 m³ to the actual volume or 0.181% in June and a calculation difference of 5,698.86 m³ to the actual volume or 0.084% in July, while for accuracy the lowest is using the Inverse Distance to a Power (IDW) method with a volume difference of -233,873.86 m³ or reaching -3.543% for June and -241,981.57 m³ or reaching -3.560% for July, this is due to the surface formed in grid interpolation. IDW does not match the actual surface shape so the volume calculation is not accurate.

Kata kunci: Terrestrial, Pemetaan, Eksploitasi, Survey

Cara untuk sitasi: Ramadhan, H.S., Kurniawan, A., Darminto, M.R. (2021). Analisis Perhitungan Volume Galian Tambang Terbuka (Open Pit Mining) Menggunakan Interpolasi Metode Gridding. *Geoid*, 17(1), 99 - 107.

Pendahuluan

Batubara selalu berhubungan dan berkaitan dengan kegiatan pertambangan seperti pengeboran dan survey topografi, dari pekerjaan inilah diperoleh data-data seperti bentuk permukaan bumi, letak lapisan batubara, atau bahan galian lainnya, bentuk kemiringan, kedalaman, ketebalan dan jenis batuan. Kegiatan penambangan memerlukan perhitungan volume galian sebelum kegiatan penambangan seperti membuat model endapan batubara, perhitungan cadangan batubara dan perhitungan nilai SR pada lokasi.

Untuk mengetahui angka produksi, dilakukan perhitungan volume progress penambangan setiap per bulannya. Diperlukan survey pemetaan untuk mendapatkan data topografi yang berupa koordinat dan selanjutnya dilakukan perhitungan volume galian menggunakan data tersebut. Perhitungan volume diolah dengan 3D Modelling menggunakan sebuah software pertambangan. Perhitungan galian memiliki permasalahan yang kompleks serta volume galian akan sangat berpengaruh terhadap perhitungan cadangan sumberdaya batubara, oleh karena itu perhitungan volume galian harus dilakukan seteliti mungkin agar tidak ada yang dirugikan.

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 perhitungan volume metode Trapezoidal.

Penelitian ini akan mencoba mengkaji perhitungan volume menggunakan teknik gridding yang hasilnya akan dibandingkan dengan volume hasil galian yang diangkut oleh dumb truck. Hasil penelitian ini nantinya akan membantu pada pekerjaan perhitungan volume tambang agar mempermudah dan meminimalisir kesalahan perhitungan yang berdasarkan sebab bentuk permukaan bumi yang berbeda di setiap pit tambang nya. Penelitian ini akan menganalisis ketelitian perhitungan volume tanah menggunakan perhitungan volume metode Trapezoidal pada software Minescape, serta menggunakan gridding dari interpolasi data pada software Minescape. Penulis berharap nantinya hasil perhitungan ini akan dapat benar benar di aplikasikan pada perhitungan galian untuk pekerjaan pertambangan.

Penelitian kali ini akan melakukan penghitungan volume galian batu bara dengan data dari salah satu pit di area tambang di Open Pit Site Tambang Satui, Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan, menggunakan metode Trapezoidal dan interpolasi grid dimana dari hasil tiap metode dari tiap metode akan dianalisa manakah yang tepat untuk digunakan dalam pekerjaan perhitungan volume galian tambang batubara. Analisa dilakukan dengan menghitung nilai prosentase selisih perhitungan volume yang dilakukan pada metode Trapezoidal dengan volume batubara terangkut (Data Aktual) kemudian dilakukan uji statistik untuk menghitung kesalahan yang dihasilkan oleh permukaan interpolasi gridding terhadap elevasi pengukuran menggunakan rumus.

Data dan Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengukuran topografi Start Original (Surface) yang diambil pada tanggal 26 Februari 2016, dalam format excel yang berisi koordinat x, y, dan z. Data pengukuran topografi bulan Juni, yang diambil semenjak tanggal 1 Juni hingga 1 Juli 2020, dalam format excel yang berisi koordinat x, y, dan z. Data pengukuran topografi bulan juli, yang diambil semenjak tanggal 1 Juli hingga 1 Agustus 2020 dalam format excel yang berisi koordinat x, y, dan z. Dan data *Boundaries* yaitu batas area yang akan digunakan untuk melakukan perhitungan volume.

Lokasi penelitian terletak pada tambang terbuka (*Open Pit Mining*) Site Satui, Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan. Dengan koordinat $3^{\circ}44'26.08''$ - $3^{\circ}44'10.39''$ LS dan $115^{\circ}14'39.31''$ - $115^{\circ}15'33.03''$ BT.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan data pengukuran lapangan yang kemudian diolah menggunakan software pertambangan *Minescape 5.7*. Data lapangan yang berupa koordinat di *plot* ke dalam software dan dilakukan penarikan garis meliputi area toe dan crest untuk membentuk bagian – bagian *pit* tambang. Setiap data kemudian dibentuk surface data topografi menggunakan beberapa metode interpolasi grid meliputi metode *Inverse Distance Weight to a Power (IDW)*, *Triangulation with Linear Interpolation (TLI)*, *Finite Element Method (FEM)* dan *Finite Difference Method (FDM)*. Setiap metode akan dianalisa bentuk surface yang dihasilkan, masing-masing metode kemungkinan memiliki kesalahan dalam interpolasi dikarenakan kurang cocok pada bentuk permukaan Bumi tertentu.

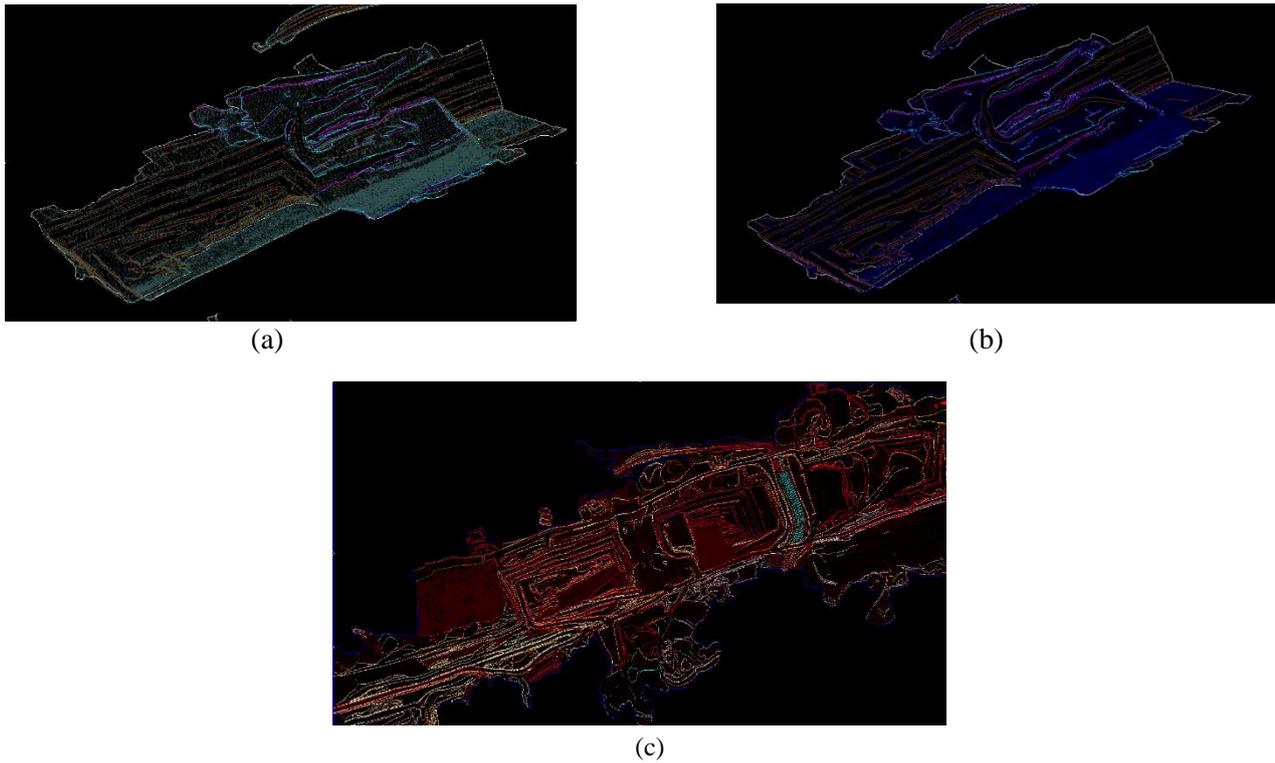
Sebelum dihitung volume setiap data maka dimasukkan data *Boundaries* yaitu batas area yang telah didesain oleh tim geologi sebagai batas perhitungan volume dan garis *cross section* yang setiap bloknya diberikan kode untuk mempermudah perhitungan volume. Melakukan perhitungan volume pemindahan material galian menggunakan metode Penampang rata-rata (*trapezoidal*). Area yang akan dihitung volumenya, dibagi dalam beberapa garis melintang. Penampang kemudian dilakukan perhitungan luas. Volume areal didapatkan dari rata rata luas penampang dikalikan jarak antara luas penampang tersebut.

Setiap volume yang dihasilkan memiliki toleransi $\pm 2.78\%$ yang mengacu pada spesifikasi yang ditetapkan oleh ASTM (American Standard Testing and Material). Analisis hasil dilakukan dengan membandingkan presentase perbedaan terhadap toleransi perhitungan. Kemudian dilakukan uji statistik menggunakan metode *paired t-test* pengujian ini digunakan untuk membandingkan selisih dua mean dari dua sampel yang berpasangan dengan asumsi data terdistribusi secara normal. Pada uji ini diperlukan data yang dianggap benar yang pada penelitian ini menggunakan data aktual galian yang terangkut *dump truck* dan data volume perhitungan volume TIN dikarenakan perhitungan ini memiliki tingkat ketelitian yang hampir mendekati nilai aktual galian yang terangkut.

Untuk mengetahui bentuk yang dihasilkan pada setiap metode maka dilakukan *plotting* hasil *cross section* dari hasil volume dari beberapa metode gridding. Gambar yang dihasilkan berbentuk 2D berbeda dengan surface yang sebelumnya dibuat dengan bentuk 3D maka didapatkan analisa pemodelan lebih lanjut.

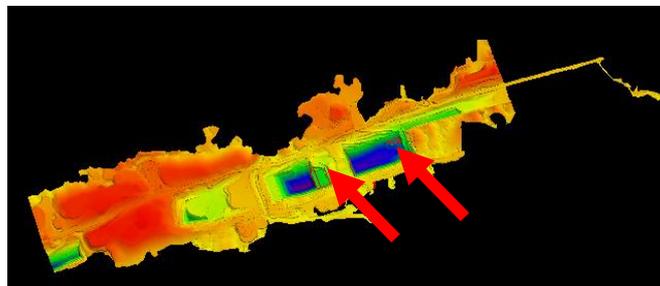
Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan model 3D *plotting* dan surface selanjutnya dihasilkan volume *cut and fill* berbentuk tabel yang kemudian dianalisa.



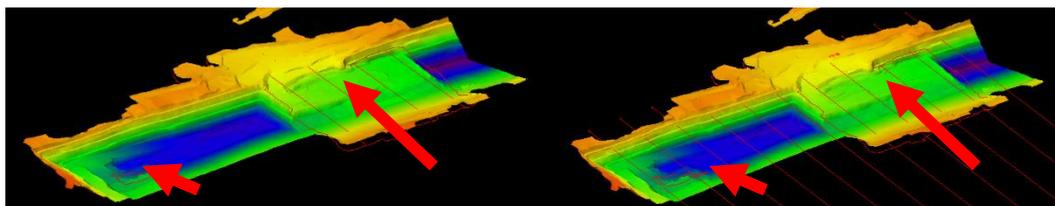
Gambar 2. Hasil plot garis crest dan toe

Gambar berikut menunjukkan hasil surface dari pengolahan data dalam bentuk 3 dimensi area Pit sebelum dilakukan proses penambangan pada bulan 26 Februari 2016. Panah merah menunjukkan area yang akan dilakukan proses penambangan.



Gambar 3. Hasil surface data Start Original. Panah menunjukkan boundaries yang akan dihitung volume galiannya.

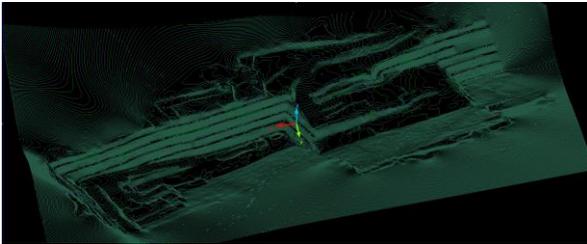
Gambar berikut menunjukkan hasil surface dari pengolahan data dalam bentuk 3 dimensi pada area penambangan pada bulan Juni 2020 dan bulan Juli 2020. Panah merah menunjukkan area yang sedang dilakukan proses penambangan



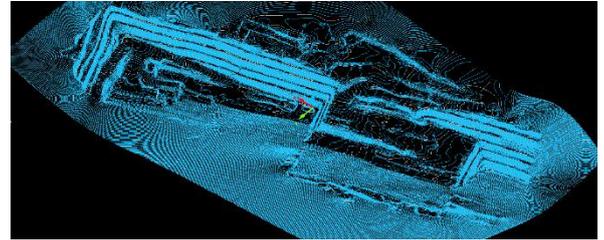
Gambar 4. Hasil surface data Eom Bulan Juni (kiri) dan Bulan Juli (Kanan).

Gambar berikut menunjukkan hasil kontur dari pengolahan data dalam bentuk 3 dimensi pada area penambangan pada bulan Juni 2020 dan bulan Juli 2020 dan data Start Original.

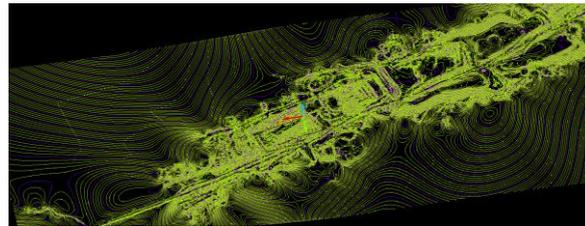
1. Metode *Finite Different Method* (FDM)



Gambar 5. FDM Bulan Juni

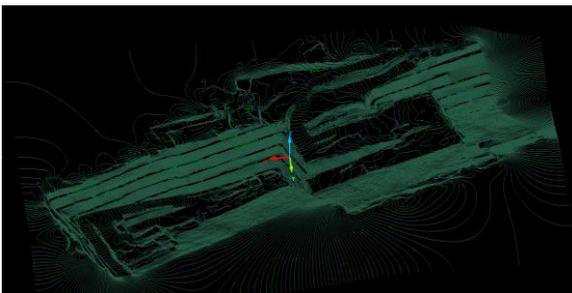


Gambar 6. FDM Bulan Juli

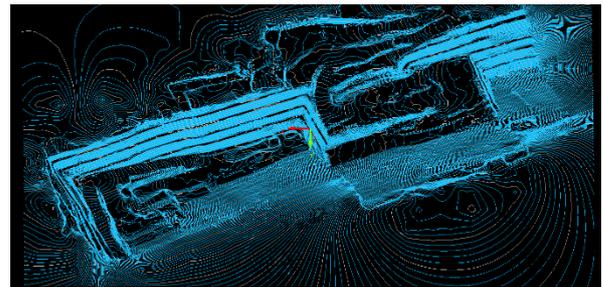


Gambar 7. FDM Start Original

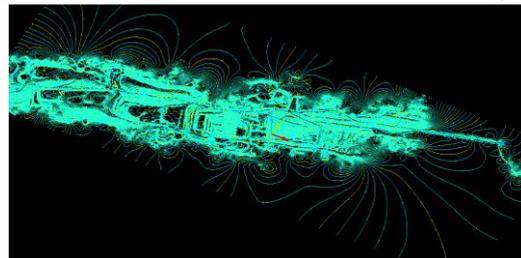
2. Metode *Finite Element Method* (FEM)



Gambar 8. FEM Bulan Juni

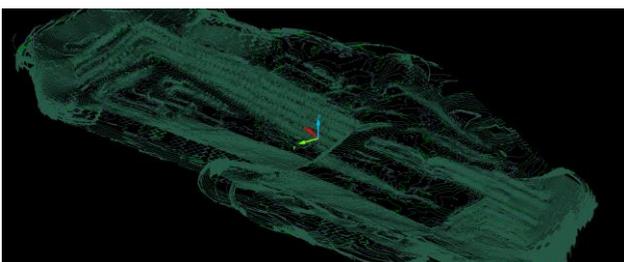


Gambar 9. FEM Bulan Juli

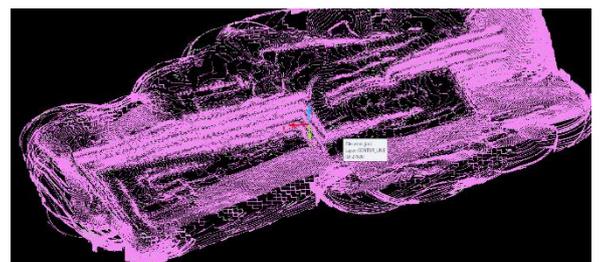


Gambar 10. FEM Start Original

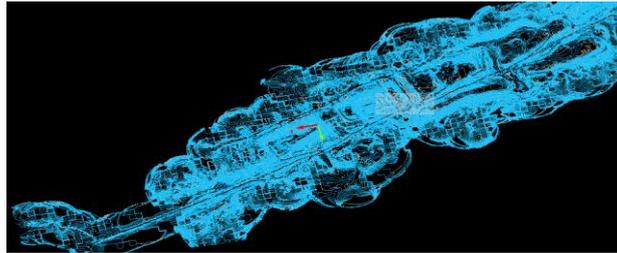
3. Metode *Triangulation with Linear Interpolation* (TLI)



Gambar 11. TLI Bulan Juni

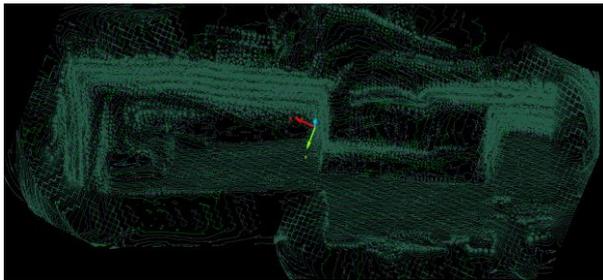


Gambar 12. TLI Bulan Juli

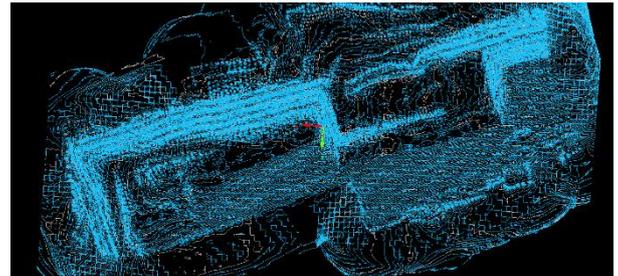


Gambar 13. TLI Start Original

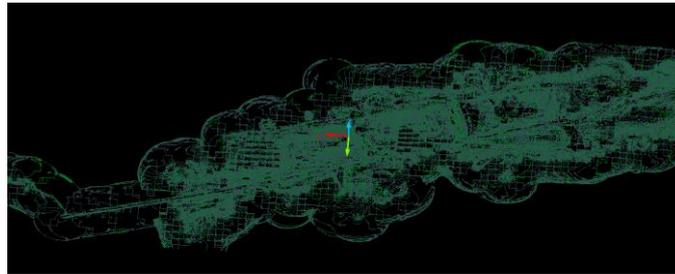
4. Metode *Inverse Distance to a Power (IDW)*



Gambar 14. IDW Bulan Juni



Gambar 15. IDW Bulan Juli



Gambar 16. IDW Start Original

Proses perhitungan volume Cut and Fill pada aplikasi Minescape menggunakan metode Trapezoidal yang kemudian boundaries (Area progress penambangan) dibagi dengan beberapa blok. Untuk mengetahui volume galian di setiap blok maka dilakukan dengan cara mengurangi Cut dan Fill pada blok yang sama sehingga diperoleh volume total pemindahan material galian.

Kemudian hasil dari perhitungan tersebut dilakukan perbandingan dengan volume galian actual yang terangkut pada dump truck dengan toleransi sebesar $\pm 2.78\%$ berdasarkan ASTM. sehingga diperoleh perbandingan data sebagai berikut:

Tabel 1 Perbandingan hasil volume galian EoM Juni dengan EoM Juli

Keterangan	Metode	Volume Perhitungan Grid (m3)	Volume Aktual dump truck (m3)	Volume Perhitungan TIN (m3)
Bulan Juni	FDM	6,624,177.696	6,601,535.56	6,603,691
	FEM	6,613,468.689	6,601,535.56	6,603,691
	TLI	6,682,921.430	6,601,535.56	6,603,691
	IDW	6,367,661.703	6,601,535.56	6,603,691
Bulan Juli	FDM	6,817,245.610	6,796,504.60	6,796,500.8
	FEM	6,802,203.462	6,796,504.60	6,796,500.8
	TLI	6,876,274.837	6,796,504.60	6,796,500.8
	IDW	6,554,523.025	6,796,504.60	6,796,500.8

Tabel 2 Perbandingan presentase volume grid dengan volume dumptruck

Keterangan	Metode	V.Grid – V. Dump truck (m3)	Persentase (%)
Bulan Juni	FDM	22,642.140	0.343%
	FEM	11,933.130	0.181%
	TLI	81,385.870	1.233%
	IDW	-233,873.860	-3.543%
Bulan Juli	FDM	20,741.010	0.305%
	FEM	5,698.860	0.084%
	TLI	79,770.240	1.174%
	IDW	-241,981.570	-3.560%

Pada metode gridding, hasil perhitungan dengan metode FEM memperoleh hasil terbaik dengan selisih perhitungan 11,933.13 m3 terhadap volume aktual atau sebesar 0.181% pada bulan juni dan selisih perhitungan 5,698.86 m3 terhadap volume aktual atau sebesar 0.084% pada bulan juli, sedangkan untuk ketelitian terendah adalah menggunakan metode Inverse Distance to a Power (IDW) dengan selisih volume sebesar -233,873.86 m3 atau mencapai -3.543% untuk bulan juni dan -241,981.57 m3 atau mencapai -3.560% untuk bulan juli, hal ini disebabkan karena surface yang terbentuk pada interpolasi grid IDW tidak sesuai dengan bentuk permukaan sebenarnya sehingga perhitungan volume tidak akurat.

Berdasarkan toleransi ASTM $\pm 2.78\%$ dengan data perbandingan volume dump truck, metode yang dapat digunakan untuk perhitungan volume pada area penambangan adalah metode FEM, FDM, Triangulation with Linear Interpolation (TLI) dan IDW.

Tabel 3 Perbandingan presentase volume grid dengan volume metode TIN

Keterangan	Metode	V.Grid – V.TIN (m3)	Persentase (%)
Bulan Juni	FDM	20,486.700	0.31%
	FEM	9,777.690	0.15%
	TLI	79,230.430	1.20%
	IDW	-236,029.300	-3.57%
Bulan Juli	FDM	20,744.810	0.31%
	FEM	5,702.660	0.08%
	TLI	79,774.040	1.17%
	IDW	-241,977.770	-3.56%

Pada perbandingan antara hasil volume grid dengan volume TIN, hasil perhitungan dengan metode FEM memperoleh hasil terbaik dengan selisih perhitungan 9,777.69 m3 terhadap volume TIN atau sebesar 0.15% pada bulan juni dan selisih perhitungan 5,702.66 m3 terhadap volume TIN atau sebesar 0.084% pada bulan juli, sedangkan untuk ketelitian terendah adalah menggunakan metode Inverse Distance to a Power (IDW) dengan selisih volume sebesar -236,029.30 m3 atau mencapai -3.57% untuk bulan juni dan -241,977.77 m3 atau mencapai -3.56% untuk bulan juli, hal ini disebabkan karena surface yang terbentuk pada interpolasi grid IDW tidak sesuai dengan bentuk permukaan sebenarnya sehingga perhitungan volume tidak akurat.

Berdasarkan toleransi ASTM $\pm 2.78\%$ dengan data perbandingan metode TIN, metode yang dapat digunakan untuk perhitungan volume pada area penambangan adalah metode FEM, FDM, Triangulation with Linear Interpolation (TLI) dan IDW.

Pada penelitian ini dilakukan tahap uji statistik dengan menggunakan metode paired t-test. Dimana uji statistic tersebut merupakan metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan berpasangan. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah dua sampel berpasangan mempunyai nilai rata-rata yang sama atau tidak (Nuryadi dkk, 2017). Sampel yang digunakan adalah penampang (section) dari metode grid dibandingkan dengan metode TIN dimana metode TIN merupakan data yang dianggap benar karena memiliki ketelitian yang mendekati data volume aktual dari dump truck. Berikut merupakan hasil uji statistik yang telah dilakukan:

Tabel 4 Uji Statistika Eom Juni

Keterangan	Metode	Thitung	Ttabel (t Critical two-tail)	Hasil
Bulan Juni	FDM	-1.760587293	2.364624252	H0 Diterima
	FEM	-1.547641641	2.364624252	H0 Diterima
	TLI	-1.631835118	2.364624252	H0 Diterima
	IDW	1.457951067	2.364624252	H0 Diterima

Tabel 5 Uji Statistika Eom Juli

Keterangan	Metode	Thitung	Ttabel (t Critical two-tail)	Hasil
Bulan Juli	FDM	-1.813481502	2.364624252	H0 Diterima
	FEM	-1.297509892	2.364624252	H0 Diterima
	TLI	-1.619999773	2.364624252	H0 Diterima
	IDW	1.489398569	2.364624252	H0 Diterima

Berdasarkan tabel hasil uji statistik menggunakan paired t-test, dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima untuk semua sampel dari setiap metode grid. Dapat diartikan tidak ada perbedaan signifikan antara perhitungan volume TIN dengan perhitungan volume metode grid.

Kesimpulan

Pada perhitungan volume menggunakan metode grid didapatkan hasil ketelitian yang berbeda disetiap metode. Pada perbandingan dengan data dump truck, hasil perhitungan dengan metode FEM memperoleh hasil terbaik dengan selisih perhitungan 11,933.130 m³ terhadap volume aktual atau sebesar 0.181% pada bulan juni dan selisih perhitungan 5,698.860 m³ terhadap volume aktual atau sebesar 0.084% pada bulan juli, sedangkan untuk ketelitian terendah adalah menggunakan metode Inverse Distance to a Power (IDW) dengan selisih volume sebesar -233,873.86 m³ atau mencapai -3.543% untuk bulan juni dan -241,981.57 m³ atau mencapai -3.560% untuk bulan juli. Hasil uji statistika dengan metode uji sampel berpasangan (paired t test) menunjukkan bahwa metode grid dapat diterima sebagai perhitungan volume karena tidak memiliki perbedaan yang sangat signifikan terhadap volume menggunakan metode TIN yang dianggap hampir mendekati volume aktual galian yang terangkut pada dump truck.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas dukungan, bantuan, dan doa untuk tercapainya penulisan artikel ini.

Daftar Pustaka

- Abdelazim M. Negm. (2016). Modeling of Fertilizer Transport Through Soil, Case Study: Nile Delta. Water and Water Structures Engineering Department, Faculty of Engineering, Zagazig University, Zagazig 44519, Egypt.
- Desmawita. (2020). Estimasi Volume Endapan Batubara Berdasarkan Batas Tambang Menggunakan FEM Dan IDW. Jurnal Pertambangan Vol.4 No. 4 November 2020. ISSN 2549-1008.
- Edwin Gilang Pratama, Arno. (2013). Estimasi Cadangan Batukapur Dengan Metode Cross Section Dibandingkan Dengan Metode Kontur. Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin. Geosains Vol. VI No. 01 2013.
- Julianto Sasono, Eko. (2012). Aplikasi Metode Numerik Dalam Perhitungan Luas Dan Volume Badan Kapal Yang Berada Di Bawah Permukaan Air Laut.

- Mann, Jacob dan Brian Riget Broe. (2006). Conversion of Contours to Cartesian Grids. Wind Energy Department, Riso-R-1564 (EN). Riso National Laboratory Roskilde, Denmark.
- Muda Purwaamijaya, Iskandar. (2018). Kajian Gridding Method Untuk Membuat Contour Line, Post Map Dan Wireframe Peta Situasi Pekerjaan Teknik Sipil. Konferensi Nasional Teknik Sipil. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Raja Lama, Agustinus. (2019). Analisis Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Data Gridding Dan Tanpa Gridding Pada Pekerjaan Bendungan. Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Respatti, Erial. (2014). Perbandingan Metode Ordinary Kriging dan Inverse Distance Weighted untuk Estimasi Elevasi Pada Data Topografi (Studi Kasus: Topografi Wilayah FMIPA Universitas Mulawarman). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman
- Rohmat Tulloh, Muhammad Ubayu Rizqi. (2020). Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Bersih Galian dan Timbunan (Net Volume) dengan Metode Trapezoidal dan Borrow Pit pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D. Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Syaeful Hadi, Bambang. (2013). Metode Interpolasi Spasial Dalam Studi Geografi Jurusan Pendidikan Geografi, FIS, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Santoso, Dwi. (2020). Hitungan Volume Pengerukan. Hidro-Oseanografi, STTAL. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan. Institut Teknologi Bandung.



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).