

Contents list available at journal.uib.ac.id**Journal of Civil Engineering and Planning**Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>

Studi Perhitungan Volume Galian Dengan Aplikasi Pemetaan Pada Kegiatan Modernisasi Jaringan Irigasi

Study of Excavation Volume Calculation Using Mapping Application in Irrigation Network Modernization Activities

Imron Sigit Pratama¹, Randhi Saily^{2,4*}, Ulfa Jusi¹, Vinka Lyona^{2,4}, Endah Kurniyaningrum³

¹ Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Pekanbaru, Riau

² Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru, Riau

³ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti, Jakarta

⁴ Center for Peatland and Disaster Studies (CPDS), Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM 12.5 Pekanbaru, Indonesia, 28293

Email korespondensi : randhi.saily@lecturer.unri.ac.id

INFO ARTIKEL

Kata kunci :

Kriging,
Natural Neighbor,
Pemetaan Topografi,
Radial Basis Function
(RBF),
Surface to Surface
(Triangulated
Irregular
Network/TIN).

ABSTRAK

Kegiatan modernisasi jaringan irigasi merupakan salah satu upaya penting dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas distribusi air untuk pertanian. Aktivitas ini juga merupakan salah satu wujud dari implementasi program pemerintah yang disebut Asta Cita dalam hal ketahanan pangan. Salah satu uraian dari metode pelaksanaan pekerjaannya adalah pekerjaan galian yang menjadi aspek krusial serta mempengaruhi keberhasilan kegiatan tersebut. Studi ini bertujuan mengevaluasi ketepatan beberapa metode interpolasi dalam perhitungan volume galian secara desain, dibandingkan terhadap kondisi eksisting dengan batas toleransi sebesar 2,78%. Analisis menunjukkan bahwa metode interpolasi menghasilkan variasi yang berbeda. Metode Kriging menghasilkan persentase sebesar 2,30% dan *Surface to Surface (TIN)* menghasilkan persentase sebesar 0,02%. Kedua metode tersebut menghasilkan perhitungan dengan hasil yang memenuhi batas akseptabel deviasi. Selain itu, kedua metode tersebut menunjukkan konsistensi yang tinggi dan akurasi optimal untuk perhitungan volume. Sebaliknya, metode seperti *Natural Neighbor* (18,89%) dan *Radial Basis Function (RBF)* (46,17%) menghasilkan deviasi yang signifikan dan mengindikasikan *over estimation* atau *under estimation* yang berpengaruh pada keakuratan volume. Dengan demikian, metode yang memenuhi batas toleransi, seperti *Kriging* dan *TIN*, direkomendasikan untuk perhitungan volume yang lebih akurat dan efisien pada kegiatan konstruksi dan pemetaan topografi.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Keywords: <i>Kriging,</i> <i>Natural Neighbor,</i> <i>Topographic Mapping,</i> <i>Radial Basis Function (RBF),</i> <i>Surface to Surface (Triangulated Irregular Network/TIN).</i></p>	<p><i>The modernization of irrigation networks is a vital effort to improve the efficiency and effectiveness of water distribution for agriculture. This activity also represents the implementation of the government's Asta Cita program in the context of national food security. One critical component of this process is excavation work, which significantly influences the success of such projects. This study aims to evaluate the accuracy of several interpolation methods in calculating excavation volumes based on design data, compared to existing conditions, using a tolerance threshold of 2.78%. The analysis indicates that interpolation methods produce varying results. The Kriging method shows a deviation of 2.30%, and the Surface to Surface (TIN) method shows a deviation of only 0.02%, both of which fall within acceptable deviation limits. These two methods also demonstrate high consistency and optimal accuracy for volume estimation. In contrast, methods such as Natural Neighbor (18.89%) and Radial Basis Function (RBF) (46.17%) result in significant deviations, indicating overestimation or underestimation that affects volume accuracy. Therefore, methods like Kriging and TIN, which meet the tolerance limits, are recommended for more accurate and efficient volume calculations in construction and topographic mapping activities.</i></p>

1. Pendahuluan

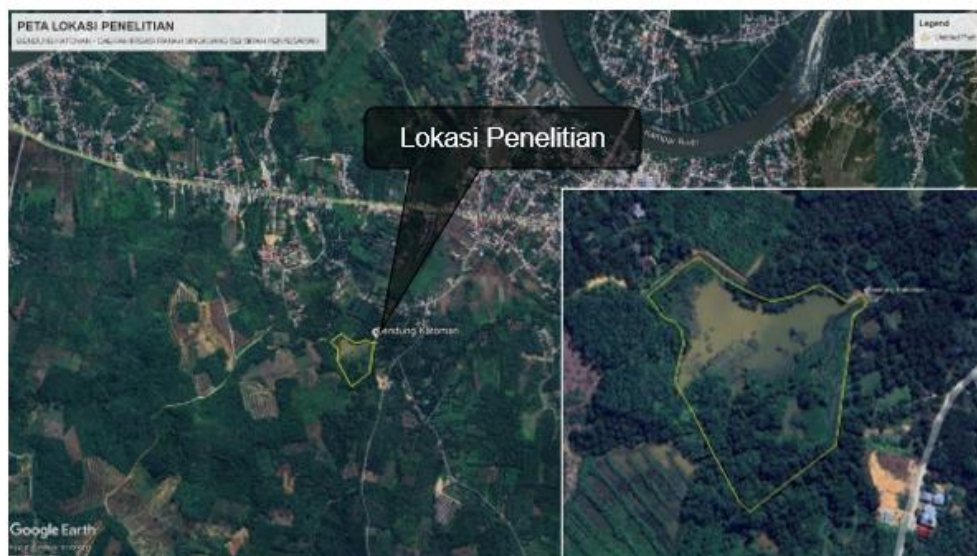
Kegiatan modernisasi jaringan irigasi merupakan salah satu upaya penting dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas distribusi air untuk pertanian [1]. Studi ini, perhitungan volume galian menjadi aspek krusial yang mempengaruhi keberhasilan kegiatan. Perhitungan volume galian adalah proses yang kompleks dan memerlukan ketelitian tinggi [2]. Kesalahan dalam perhitungan dapat mengakibatkan pembengkakan biaya, penundaan kegiatan, dan bahkan kegagalan struktural. karena itu, metode perhitungan yang akurat dan efisien sangat diperlukan. Perhitungan galian dan timbunan dapat dilakukan dengan menggunakan peta situasi dengan metode penggambaran profil melintang sepanjang jalur proyek atau metode grid-grid (*gridding*) [3] yang meninjau galian dan timbunan dari tampak atas dan menghitung selisih tinggi garis kontur terhadap ketinggian proyek ditempat perpotongan garis kontur dengan garis proyek [4]. Metode konvensional seperti *cross section* [5] dan *Grid* sering digunakan, namun memiliki keterbatasan dalam hal akurasi dan efisiensi. Aplikasi pemetaan seperti AutoCAD Civil 3D dan Surfer serta perangkat lunak pemetaan lainnya telah menjadi alat yang sangat berguna dalam simulasi, pemodelan dan pekerjaan lainnya termasuk perhitungan volume galian [6][7][8]. Penggunaan teknologi ini dapat mengurangi kesalahan perhitungan dan meningkatkan efisiensi kegiatan [9]. Data topografi yang akurat memungkinkan perencanaan yang lebih baik dan pengawasan kegiatan yang lebih efektif. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji penggunaan aplikasi pemetaan dalam perhitungan volume galian pada kegiatan modernisasi jaringan irigasi. Studi kasus yang ditinjau berlokasi di Bendung Katoman, Daerah Irigasi Ranah Singkuang Sei Sirah Penyesawan, Kab Kampar, Provinsi Riau.

Studi ini bertujuan untuk mengembangkan metode perhitungan volume galian yang lebih akurat dan efisien dengan menggunakan aplikasi *AutoCAD Civil 3D* dan *Surfer*. Kemudian menganalisis ketelitian hasil perhitungan volume galian yang diperoleh dari aplikasi *AutoCAD Civil 3D* dan *Surfer* dengan hasil perhitungan metode konvensional. Selanjutnya mengidentifikasi kelebihan dan kendala penggunaan aplikasi pemetaan dalam perhitungan volume galian. Kemudian memberikan rekomendasi untuk implementasi aplikasi pemetaan dalam pelaksanaan kegiatan lainnya.

Bendung adalah struktur permanen yang dibangun melintang di sungai atau aliran air dengan tujuan untuk menaikkan permukaan air (muka air) di hulu dan mengarahkan air ke saluran irigasi. Galian genangan adalah pekerjaan menggali atau memperbesar cekungan atau daerah genangan yang terbentuk di hulu bendung untuk memastikan kapasitas tampungan air cukup sesuai kebutuhan irigasi. Metode Average End Area, yang juga dikenal sebagai metode cross-section, menawarkan pendekatan yang berbeda dibandingkan dengan metode grid dan metode depth area dalam hal perhitungan volume tanah [10]. Metode ini berfokus pada penghitungan volume secara vertikal dengan memotong irisan pada interval tertentu, yang memungkinkan perhitungan yang lebih akurat untuk kegiatan-kegiatan sipil [11].

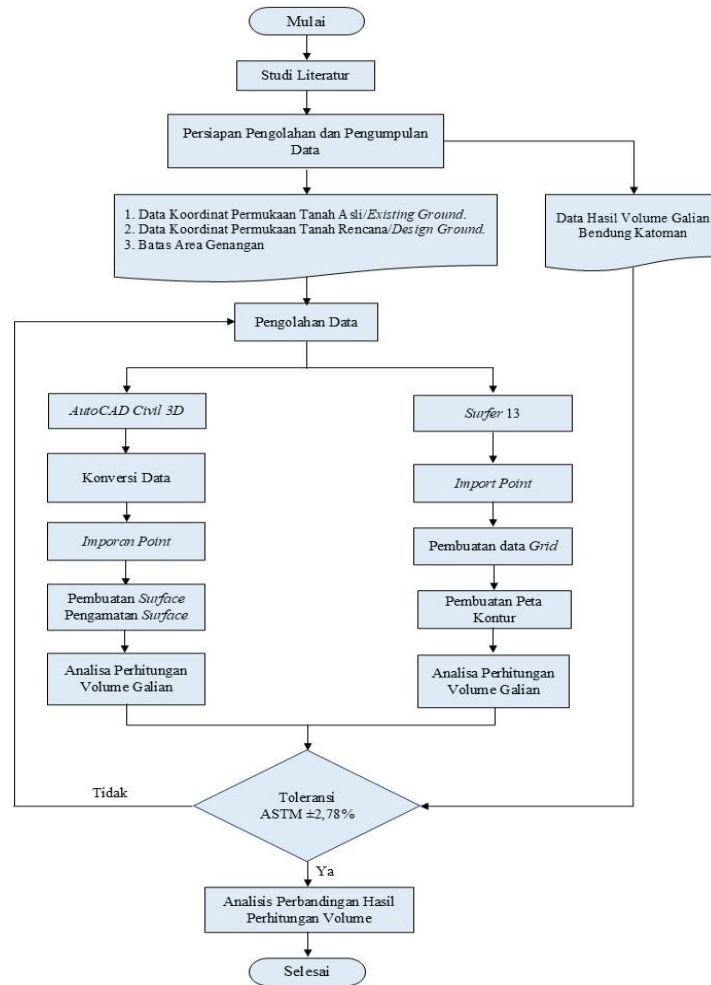
2. Metode Penelitian

Studi ini berlokasi di Bendung Katoman di Daerah Irigasi (DI) Ranah Singkuang Sei Sirah Penyesawan Kabupaten Kampar Provinsi Riau (gambar 1). Metode yang digunakan merupakan metode eksploratif survey dengan pengumpulan data primer dan sekunder serta pendekatan keruangan, kelingkungan dan kewilayahan. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi/ survey ke lokasi studi, selanjutnya dilakukan analisa data.



Gambar 1. Lokasi studi

Data primer yang diperoleh merupakan pengukuran terrestrial, menggunakan alat *Total Station/ Theodolite* guna untuk mengukur titik-titik koordinat di lapangan. Kedua penggunaan *GPS*, berfungsi untuk mendapatkan koordinat yang akurat dari titik-titik penting di lokasi studi. Kemudian pemetaan dengan pesawat tanpa awak atau *drone*. Alat ini berfungsi untuk pemetaan udara yang dapat menghasilkan data topografi dengan resolusi tinggi dan cakupan area yang luas. Pengumpulan data sekunder yang diperoleh adalah gambar *shop drawing* dan *as built drawing* pekerjaan galian. Kemudian perhitungan hasil galian setelah dilaksanakannya pekerjaan. Pengolahan data menggunakan software pemetaan *AutoCAD Civil 3D* dan *Surfer*. Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada flowchart penelitian (gambar 2) sebagai panduan sistematis untuk memastikan proses penelitian dilakukan secara terstruktur.

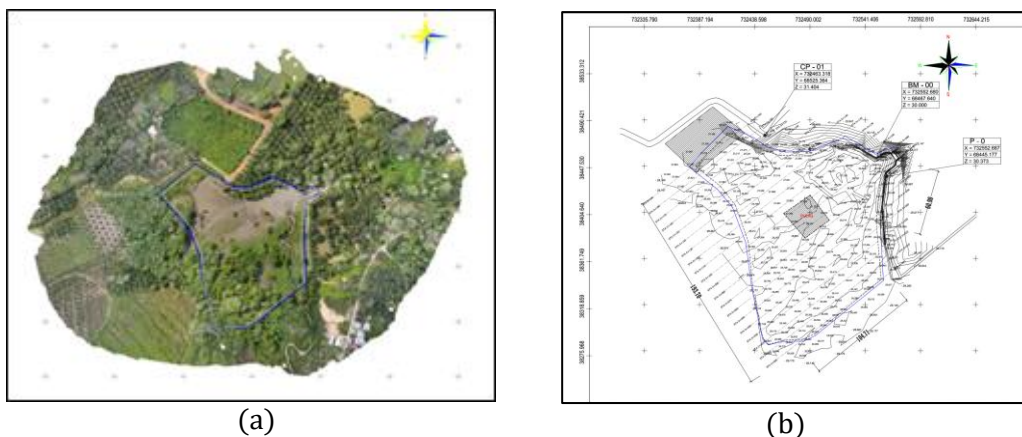


Gambar 2. Flowchart penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Pekerjaan

Bendung Katoman berperan sebagai sumber utama distribusi air untuk irigasi. Namun, modernisasi jaringan irigasi diperlukan untuk meningkatkan efisiensi distribusi air dan memperbaiki kerusakan infrastruktur. Penelitian ini berfokus pada perhitungan volume galian dalam proses modernisasi dengan menggunakan aplikasi pemetaan digital yang bertujuan untuk memperbaiki infrastruktur irigasi serta meningkatkan ketahanan pangan di wilayah ini.

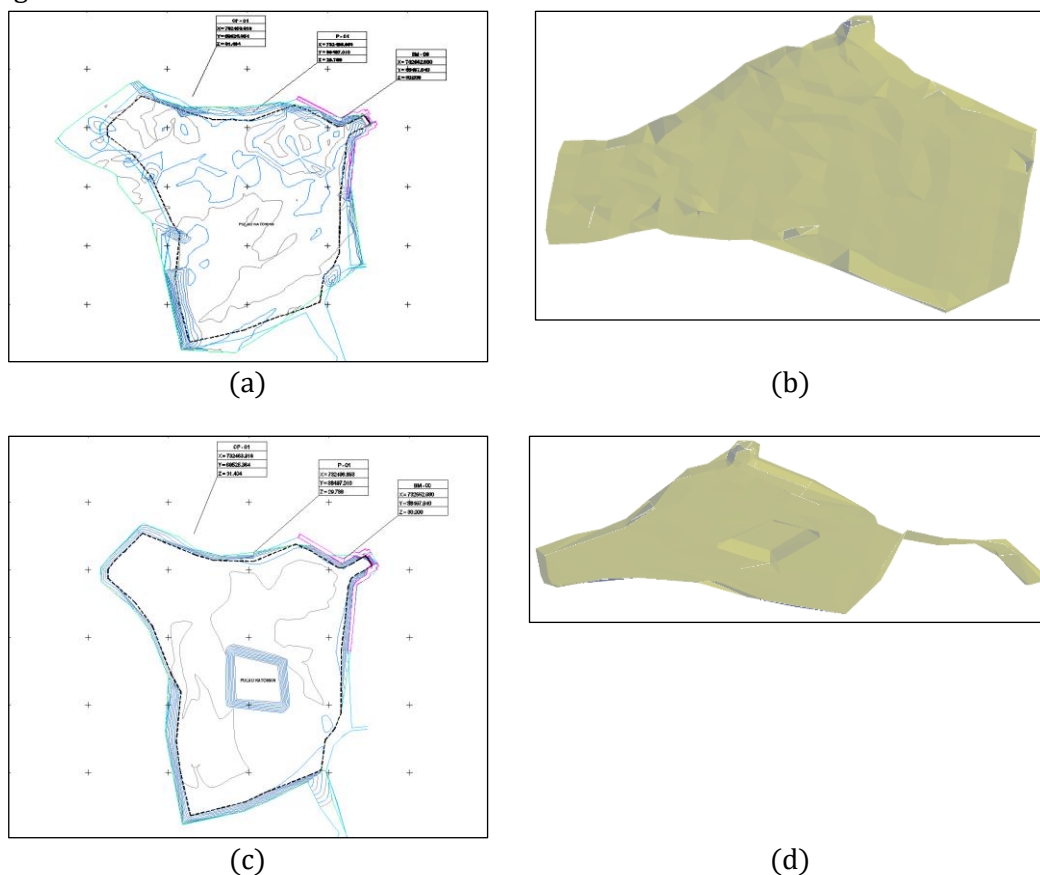


Gambar 3. Hasil foto udara/ drone lokasi studi (a), peta situasi topografi eksisting hasil pengukuran (b)

Volume galian eksisting yang diperoleh dari data sekunder pada pekerjaan kegiatan Rehabilitasi Jaringan dan Bendung Daerah Irigasi (DI) Ranah Singkuang Sei Sirah Penyesawaan adalah sebesar 30.107,59 m³.

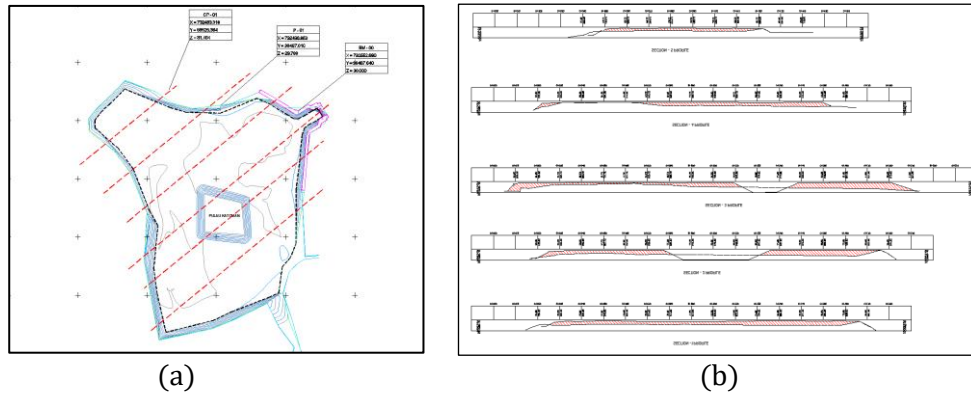
3.2 Pengolahan Data Menggunakan *AutoCAD Civil 3D*

Metode ini memanfaatkan data topografi yang dihasilkan dari survei lapangan untuk membandingkan permukaan eksisting dan permukaan desain atau akhir setelah pelaksanaan pekerjaan galian. Terdiri dari 2 pemodelan dalam pengolahan data menggunakan software *AutoCAD Civil 3D*, yaitu pemodelan *lower surface/existing ground* dan pemodelan *upper surface/ finished ground* (gambar 4). Pemodelan *lower surface/existing ground* merupakan Pemodelan kontur eksisting bertujuan untuk menggambarkan kondisi asli permukaan tanah pada area studi. Pemodelan *upper surface/ finished ground* adalah pemodelan kontur final yang menggambarkan perubahan elevasi setelah tahap pekerjaan galian.



Gambar 4. Pemodelan peta kontur eksisting (a); Visualisasi digital terrain model surface existing (b); Pemodelan peta kontur final (c); Visualisasi digital terrain model surface cut and fill (d)

Gambar peta kontur final diberikan *cross section* yang menjelaskan gambaran visual tentang perbedaan elevasi antara permukaan tanah eksisting (sebelum galian) dan permukaan final (setelah galian). Hasil dari pengolahan data ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Potongan melintang (a); Visualisasi penampang cross section (b)

Gambar yang di arsir dengan warna merah pada gambar 5 (b), merupakan area galian. Area galian terbentuk dari *upper surface (existing ground)* dan *lower surface (finished ground)*. Selanjutnya dari pengolahan data tersebut, dapat digambarkan juga volume *cut and fill* sehingga diketahui volume galian berdasarkan pengolahan data menggunakan *AutoCAD Civil 3D*. hasil perhitungan volume dapat dilihat pada tabel 1.

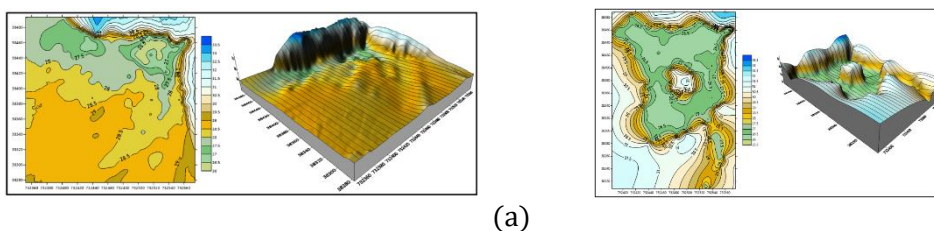
Tabel 1. Hasil perhitungan volume metode *difference calculation* pada *AutoCAD Civil 3D*

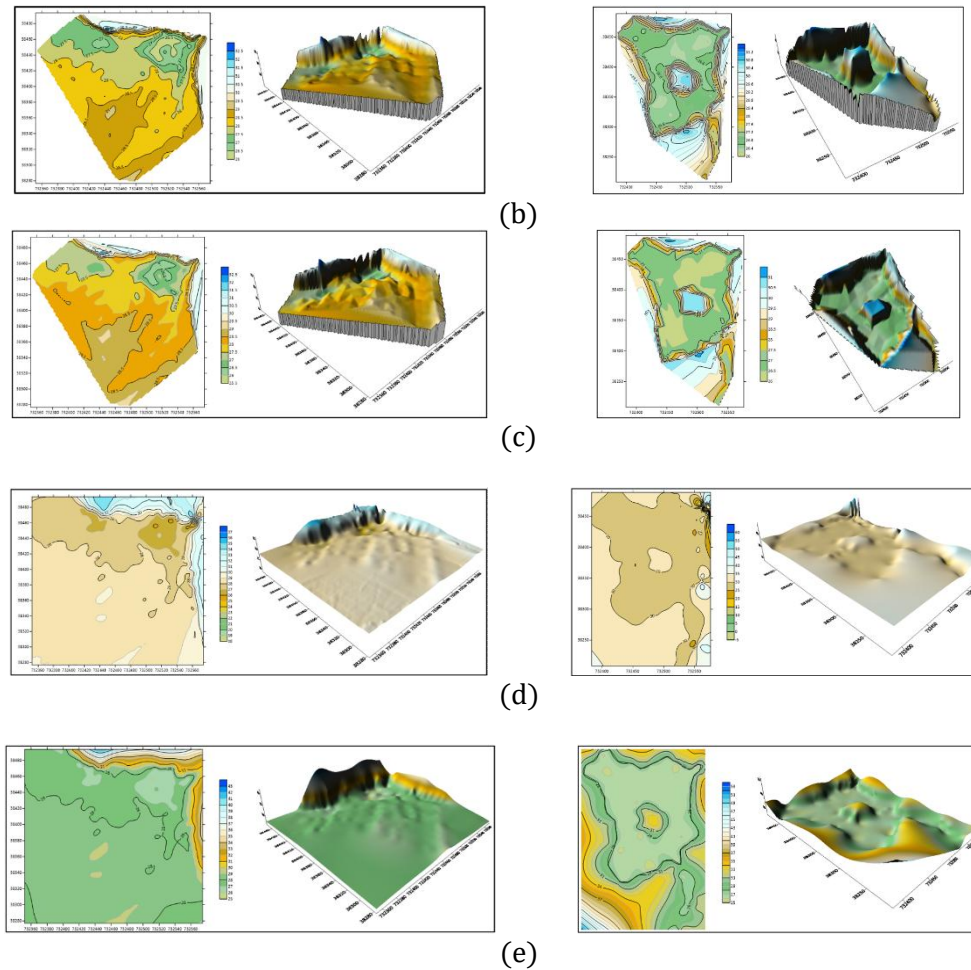
Volume Summary							
Name	Type	Cut Factor	Fill Factor	2d Area (m ²)	Cut (m ³)	Fill (m ³)	Net (m ³)
Surface Cut & Fill	Full	1.00	1.00	23.946,17	30.102,15	2.893,60	27.208,55 <Cut>

Tabel 1 menjelaskan bahwa volume galian yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan *AutoCAD Civil 3D* sebesar 30.102,15 m³. Kemudian pekerjaan timbunan sebesar 2.893,60 m³.

3.3 Pengolahan Data Menggunakan *Surfer*

Pemodelan kontur pada *Surfer* dilakukan dengan pengolahan data pada beberapa metode *gridding* permukaan tanah asli dan permukaan tanah setelah dilakukan penggalian. Adapun metode *gridding* yang dilakukan adalah dengan analisis *kriging, natural neighbor, triangulation with linear interpolation, radial basis function dan minimum curvature*. Hasil pemodelan kontur berdasarkan beberapa metode *gridding* untuk kontur eksisting dan kontur final/ setelah galian dapat dilihat pada gambar 6. Disebelah kiri gambar merupakan tampilan hasil kontur eksisting, disebelah kanan pada gambar merupakan tampilan hasil kontur final/ setelah galian.





Gambar 6. Pemodelan kontur metode kriging (a); metode natural neighbor (b); metode triangulation with linear interpolation (c); metode radial basis function (d); metode minimum curvature (e)

Bentuk permukaan yang dihasilkan pada masing-masing metode gridding sudah sesuai dengan kondisi asli dilapangan. Namun, pada metode *triangulation with linear interpolation*, bentuk permukaan yang dihasilkan terlihat tidak beraturan dibanding dengan keempat metode gridding lainnya. Perhitungan volume galian pada metode ini dilakukan dengan membandingkan perbedaan *surface* antara *existing ground* dengan *finished ground*. Hasil perhitungan volume galian dengan menggunakan aplikasi *Surfer* pada beberapa metode *gridding* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2 menjelaskan bahwa metode gridding dengan analisis *triangulation with linear interpolation* menghasilkan volume galian terkecil sebesar 25.244,00 m³. Sedangkan dengan analisis *radial basis function* menghasilkan volume galian terbesar dengan nilai 44.008,75 m³. Perhitungan volume galian yang paling mendekati dengan volume galian eksisting dilapangan adalah pada analisis kriging sebesar 30.800,97 m³.

Tabel 2. Hasil perhitungan volume metode *gridding* pada *Surfer*

No.	Metode Gridding	Volume (m ³)
1	<i>Kriging</i>	30.800,97
2	<i>Natural Neighbor</i>	24.420,39
3	<i>Triangulation With Linear Interpolation</i>	25.244,00

No.	Metode Gridding	Volume (m ³)
4	<i>Radial Basis Function</i>	44.008,75
5	<i>Minimum Curvature</i>	33.196,55

3.4 Ketelitian Volume Terhadap Toleransi

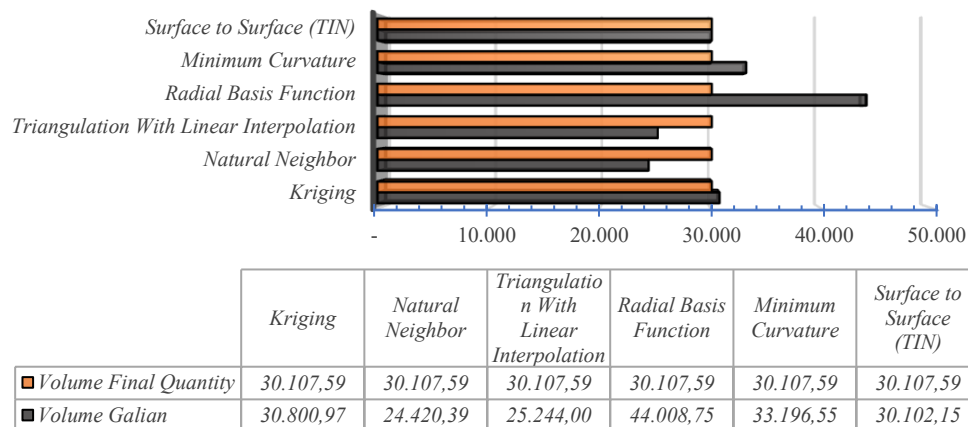
Hasil analisis perhitungan volume akan dibandingkan dengan hasil perhitungan volume sebenarnya yang dilakukan pada pekerjaan Rehabilitasi Jaringan dan Bendung Daerah Irigasi Ranah Singkuang Sei Sirah Penyesawan. Ketelitian hasil perhitungan masing-masing software pemetaan yang digunakan akan mengacu pada batas akseptabel deviasi antara perhitungan desain dan realisasi lapangan sebesar 2.78%. Angka toleransi ini biasanya berdasarkan pedoman teknis proyek. Selisih antara hasil perhitungan volume galian pada aplikasi *Surfer* dan *AutoCAD Civil 3D* dengan hasil perhitungan galian sebenarnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil perhitungan volume metode *gridding* pada *Surfer*

No.	Metode	Volume (m ³)	Volume Eksisting (m ³)	Selisih (m ²)	Persentase (%)
1	<i>Kriging</i>	30.800,97	30.107,59	693,38	2,30
2	<i>Natural Neighbor</i>	24.420,39		-5.687,20	18,89
3	<i>Triangulation With Linear Interpolation</i>	25.244,00		-4.863,59	16,15
4	<i>Radial Basis Function</i>	44.008,75		13.901,16	46,17
5	<i>Minimum Curvature</i>	33.196,55		3.088,96	10,26
6	<i>Surface to Surface (TIN)</i>	30.102,15		-5,44	0,02

Tabel 2 mendeskripsikan bahwa penggunaan berbagai metode interpolasi menghasilkan variasi persentase selisih yang berbeda. Jika dibandingkan terhadap batas akseptabel deviasi antara perhitungan desain dan realisasi (2.78%), maka terdapat 2 metode yang memenuhi. Angka persentase yang memenuhi batas toleransi adalah metode *Surface to Surface (TIN)* menggunakan software *AutoCAD Civil 3D* dan *gridding* dengan menggunakan analisis *kriging* pada software *Surfer*. Persentase

yang dihasilkan sebesar 0,02% dan 2,30% dengan volume galian sebesar 30.102,15 m³ dan 30.800,97 m³. Lebih jelas lagi perbandingan hasil *output* perhitungan volume galian pada aplikasi *Surfer* dan *AutoCAD Civil 3D* dapat disajikan dalam bentuk gambar berikut:



Gambar 7. Bar chart perbandingan hasil perhitungan volume

4. Kesimpulan

Studi ini berhasil mengembangkan metode perhitungan volume galian yang lebih akurat dan efisien dengan menggunakan aplikasi *AutoCAD Civil 3D* dan *Surfer*. Kedua aplikasi ini memanfaatkan pemodelan permukaan digital, memungkinkan penghitungan volume galian yang lebih detail dan cepat dibandingkan metode konvensional. Ketelitian hasil perhitungan volume menunjukkan bahwa penggunaan *software* ini memberikan tingkat ketelitian yang cukup tinggi. Metode *Kriging* menghasilkan persentase ketelitian sebesar 2,30%, sementara metode *Surface to Surface (TIN)* menghasilkan persentase ketelitian sebesar 0,02%. Kedua metode ini menunjukkan akurasi yang sangat baik dan memenuhi batas akseptabel deviasi antara perhitungan desain dan realisasi (2.78%). Metode *Natural Neighbor* menunjukkan persentase sebesar 18,89%, yang mengindikasikan adanya *under estimation* yang signifikan, dan metode *Radial Basis Function (RBF)* menghasilkan persentase 46,17%, yang menunjukkan adanya *over estimation* yang tinggi. Dengan demikian, metode yang memenuhi batas toleransi, seperti *Kriging* dan *TIN*, dapat merepresentasikan perhitungan volume yang lebih akurat dan efisien pada kegiatan konstruksi dan pemetaan topografi.

Daftar Rujukan

- [1] A. K. Putri, Susilowati, H. Soraya, dan O. F. Tanjung, "Penentuan Prioritas Langkah Modernisasi Irigasi Sebagai Perkuatan Kelembagaan Dalam Upaya Percepatan Pelaksanaan Modernisasi Irigasi," *Jurnal Irigasi*, vol. 16, no. 2, hal. 46–54, 2022.
- [2] H. S. Ramadhan, A. Kurniawan, dan M. R. Darminto, "Analisis Perhitungan Volume Galian Tambang Terbuka (Open Pit Mining) Menggunakan Interpolasi Metode Gridding," *Geoid*, vol. 17, no. 1, hal. 99, 2022, doi: 10.12962/j24423998.v17i1.10369.
- [3] Lama, A. R. (2019). Analisis Ketelitian Perhitungan Volume Menggunakan Data Gridding dan Tanpa Gridding Pada Pekerjaan Bendungan (Studi Kasus: Bendungan Rotiklot, Kabupaten Belu-NTT (Doctoral dissertation, ITN Malang)

- [4] A. Rosida, S. Kahar, dan M. Awaluddin, "Perbandingan Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Metode Cross Section dan Aplikasi Lain (Studi Kasus: Bendungan Pandanduri Lotim)," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 2, no. 3, hal. 81–96, 2013.
- [5] D. N. Purwati, "Pengukuran Topografi Untuk Menghitung Volume Cut and Fill Pada Perencanaan Pembangunan Perumahan di KM. 10 Kota Balikpapan," *JUTATEKS*, vol. 4, no. 1, hal. 12–23, 2020.
- [6] Y. I. Simbolon dan A. J. Saputra, "Analisa Volume Galian dan Timbunan pada Pekerjaan Pembangunan Jalur Sepeda jl. RE. Martadinata Batam Menggunakan Metode Perbedaan Tinggi Elevasi dengan Perhitungan Kontraktor," *Journal of Civil Engineering and Planning*, vol. 4, no. 1, hal. 155–161, 2023, doi: 10.37253/jcep.v4i1.7640.
- [7] K. Setiawati dan W. Prasetyo, "Analisa Pengukuran Volume Galian Timbunan Menggunakan Metode Fotogrametri Dan Terestris Pada Proyek Rest Area KM 19 B Bekasi," in *Seminar Nasional Efisiensi Energi untuk Peningkatan Daya Saing Industri Manufaktur & Otomotif Nasional (SNEEMO)*, 2022, hal. 55–60.
- [8] D. Libora dan A. J. Saputra, "Analisa Potensi Genangan Banjir Menggunakan Arc-GIS di Pulau Ranai Kabupaten Natuna," *Journal of Civil Engineering and Planning*, vol. 4, no. 2, hal. 308–318, 2023, doi: 10.37253/jcep.v4i2.9063.
- [9] P. O. Satriawan, F. Sholikhah, dan A. Bashiroh, "Analisa Pengukuran Lahan Menggunakan UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dan Total Station," vol. 6, 2024.
- [10] I. Firmansyah, Y. Yuwono, dan Y. Budisusanto, "Analisis Perbandingan Volume Metode Penampang Rata-Rata, Composite Volume, dan Prismoidal Untuk Jalan Berkelok," *Jurnal Sipil KOKOH*, vol. 21, no. 1, hal. 29–40, 2023, doi: 10.17509/k.v21i1.61024.
- [11] W. Utomo, T. Yulianto, T. Undari, dan M. W. Nugroho, "Analisis Volume Pekerjaan Tanah Menggunakan Cross Section Average And Area dan Contour 3D Software Pada Proyek Perumahan Garden Ville Jombang," *Jurnal Ilmiah REAKTIP*, vol. 04, no. 02, hal. 105–112, 2024.