

Landscape Modeling Using Toposolid for Site Plan Development: A Case Study of the SMU Unggul Garuda Project

[Pemodelan Landscape dengan Toposolid dalam Pengerjaan Site Plan pada Proyek SMU Unggul Garuda]

Leo Mukti Tri Prasajo ¹⁾, Hendri Hermawan ^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

^{*}Email Penulis Korespondensi: hendri.hermawan@umsida.ac.id

Abstract. *Terrain modeling is a critical stage in site planning, particularly for projects on complex topography such as the SMU Unggul Garuda school project in East Nusa Tenggara, Indonesia. This study examines the Toposolid feature in Autodesk Revit 2025 as an alternative to the discontinued Toposurface tool for modeling existing ground surfaces within a Building Information Modeling (BIM) workflow. Topographic data were derived from a DXF survey file containing 15,531 three-dimensional contour vertices and 110 coordinate points (UTM projection, elevation range 827–868 m). The method covered CAD data import, contour-layer selection, automatic Delaunay triangulation, and Type-level configuration of a 300 mm base thickness with Site-Earth material. Results show Toposolid reduces total modeling time by about 45% and design-revision time by about 47.5% compared with Toposurface, mainly because Toposolid can be cut and merged directly with building elements. Vertical accuracy (RMSE) was nearly identical between the two methods (0.18 m versus 0.19 m), indicating that Toposolid's advantage lies in workflow efficiency rather than geometric accuracy.*

Keywords - *Toposolid; Building Information Modeling; Autodesk Revit; terrain modeling; DXF data*

Abstrak. *Pemodelan kontur lahan merupakan tahapan krusial dalam perencanaan site plan, khususnya pada proyek dengan topografi kompleks seperti proyek SMU Unggul Garuda di Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini mengkaji penerapan fitur Toposolid pada Autodesk Revit 2025 sebagai alternatif metode pemodelan permukaan tanah eksisting dalam alur kerja Building Information Modeling (BIM), menggantikan fitur Toposurface. Data topografi diperoleh dari berkas DXF berisi 15.531 vertex garis kontur tiga dimensi dan 110 titik koordinat survei (proyeksi UTM, rentang elevasi 827–868 m). Metode penelitian meliputi impor data CAD, seleksi layer kontur, triangulasi Delaunay otomatis, serta pengaturan Type Properties berupa ketebalan dasar 300 mm dan material Site-Earth. Hasil penelitian menunjukkan Toposolid mampu mengurangi total waktu pemodelan sekitar 45% dan waktu revisi desain sekitar 47,5% dibandingkan Toposurface, terutama karena Toposolid dapat dipotong dan digabungkan langsung dengan elemen bangunan. Akurasi vertikal (RMSE) kedua metode relatif setara (0,18 m berbanding 0,19 m), menunjukkan bahwa keunggulan Toposolid terletak pada efisiensi kerja, bukan pada peningkatan akurasi geometri.*

Kata Kunci - *Toposolid; Building Information Modeling; Autodesk Revit; pemodelan kontur lahan; data DXF*

I. PENDAHULUAN

Perencanaan tapak (site plan) merupakan tahapan krusial dalam perancangan arsitektur dan kawasan, karena pada tahap ini hubungan antara bangunan, sirkulasi, dan kondisi topografi lahan ditentukan secara menyeluruh. Salah satu komponen penting dalam pengerjaan site plan adalah pemodelan landscape, yaitu representasi tiga dimensi permukaan tanah beserta elemen lunak dan elemen keras yang menyertainya. Pada praktiknya, pemodelan landscape masih banyak dikerjakan secara konvensional menggunakan CAD dua dimensi, sehingga tingkat akurasi rendah terhadap

perubahan data lapangan, proses revisi memakan waktu lama, dan integrasi data antara model lanskap dengan elemen bangunan minim.

Building Information Modeling (BIM) menawarkan solusi melalui pendekatan pemodelan parametrik yang memungkinkan seluruh elemen desain saling terhubung dan ter-update otomatis ketika terjadi perubahan data maupun geometri [7]. Biancardo dkk. [2] menunjukkan bahwa penerapan pemodelan parametrik melalui visual programming pada desain jalan memungkinkan perancang membangun model tiga dimensi yang lebih fleksibel sekaligus kaya informasi semantik. Manfaat serupa dilaporkan pada penerapan BIM untuk proyek infrastruktur [3], [6] dan pada kerangka kerja site layout otomatis berbasis BIM [11], [12]. Meskipun demikian, interoperabilitas data lintas perangkat lunak tetap menjadi tantangan utama dalam adopsi BIM [13], sementara penerapan BIM secara spesifik pada bidang landscape architecture masih tergolong terbatas dan banyak praktisi tetap bergantung pada perangkat lunak GIS/CAD terpisah [17], [4].

Salah satu fitur BIM yang relevan untuk menjawab kebutuhan pemodelan landscape adalah Toposolid, yaitu objek topografi parametrik yang tersedia pada Autodesk Revit sejak versi 2025. Berbeda dari pendekatan mesh pada Toposurface, Toposolid memungkinkan permukaan tanah dibentuk sebagai elemen solid tiga dimensi yang dapat diberi data ketebalan dan material, serta dapat dipotong (subtract) maupun digabungkan (merge) dengan elemen bangunan secara langsung. Penelitian yang secara khusus membandingkan kinerja Toposolid dengan Toposurface pada proyek nyata dengan topografi kompleks masih sangat terbatas, mengingat Toposolid merupakan fitur yang relatif baru. Celah penelitian inilah yang coba diisi oleh penelitian ini melalui studi kasus pada proyek pembangunan SMU Unggul Garuda, sebuah proyek pendidikan di Nusa Tenggara Timur dengan variasi elevasi tapak yang signifikan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) merumuskan prosedur implementasi fitur Toposolid dalam pemodelan site plan pada proyek SMU Unggul Garuda; (2) menganalisis kelebihan dan keterbatasan Toposolid dibandingkan Toposurface dan CAD konvensional; dan (3) memberikan rekomendasi praktis dalam penggunaan Toposolid agar tercapai efisiensi pengerjaan pemodelan kontur pada proyek dengan topografi kompleks.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus (case study) pada proyek pembangunan SMU Unggul Garuda di Desa Karang Siri, Kota Soe, Kabupaten Timor Tengah Selatan, Nusa Tenggara Timur. Perangkat lunak yang digunakan adalah Autodesk Revit 2025 untuk pemodelan Toposolid, serta Autodesk Revit 2022 sebagai perbandingan karena merupakan versi terakhir yang masih menyediakan fitur Toposurface secara utuh.

Data primer berupa data topografi hasil survei dan dokumentasi proses pemodelan, sedangkan data sekunder berupa literatur BIM dan panduan resmi Autodesk. Data topografi bersumber dari berkas Contour_NTT_Garuda.dwg (ACAD-Contour_NTT_Garuda.dxf) yang memuat 15.531 vertex garis kontur tiga dimensi serta 110 titik koordinat survei dengan sistem proyeksi UTM dan rentang elevasi 827,50–868,00 m.

Prosedur penelitian dilakukan melalui empat tahapan utama, yaitu: (1) persiapan data topografi dan penyiapan lingkungan kerja Revit; (2) pemodelan dengan Toposolid, meliputi impor data CAD, pembentukan model melalui triangulasi Delaunay, pengaturan ketebalan dan material pada Type Properties, penyesuaian elevasi dan kemiringan, serta operasi subtract dan merge dengan elemen bangunan; (3) eksperimen pemodelan pembandingan menggunakan Toposurface pada data sumber yang identik; dan (4) analisis deskriptif-komparatif terhadap efisiensi waktu, akurasi representasi kontur, dan kemudahan editing kedua metode.

Analisis efisiensi waktu dilakukan dengan mencatat durasi tiap tahapan pemodelan pada kedua metode. Analisis akurasi representasi kontur dilakukan dengan menghitung root mean square error (RMSE) antara elevasi hasil pemodelan dan elevasi 104 titik kontrol survei lapangan, mengikuti pendekatan statistik yang lazim digunakan dalam validasi model elevasi digital [18]. Analisis kemudahan editing dilakukan melalui simulasi dua skenario revisi desain, yaitu perubahan elevasi lantai dasar bangunan dan penambahan area parkir baru, dengan mencatat jumlah langkah kerja dan durasi yang dibutuhkan pada masing-masing metode.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Penerapan Toposolid pada Proyek SMU Unggul Garuda

Pembentukan model Toposolid dilakukan melalui jalur Create from Import, mengingat data kontur NTT Garuda telah tersedia dalam bentuk berkas CAD (DXF) yang memuat garis kontur dengan elevasi Z. Berkas CAD kontur di-link ke dalam project Revit dengan opsi Current View Only tidak dicentang agar informasi elevasi tiga dimensi tetap terbaca, kemudian dibentuk melalui menu Massing & Site → Toposolid → Create from Import → Create from CAD. Revit selanjutnya melakukan triangulasi Delaunay terhadap seluruh titik yang diambil dari garis kontur, menghasilkan satu elemen Toposolid tunggal berbentuk mesh solid yang mengikuti naik-turunnya elevasi tapak.

Berbeda dengan Toposurface yang hanya berupa permukaan tanpa ketebalan, Toposolid berperilaku menyerupai elemen Floor sehingga wajib memiliki parameter ketebalan yang didefinisikan pada tingkat Type. Pada penelitian ini digunakan ketebalan dasar 300 mm dengan material Site-Earth untuk merepresentasikan lapisan permukaan tanah eksisting. Untuk area jalan dan area parkir, material dan ketebalan perkerasan yang berbeda diatur melalui fitur Subdivision tanpa mengubah elevasi dasar tapak secara keseluruhan.

Pada tahap interaksi dengan elemen bangunan, Toposolid dapat langsung dipotong (subtract) maupun digabungkan (merge) dengan elemen Floor, Wall, dan Structural Foundation melalui perintah Cut Geometry, tanpa memerlukan elemen Building Pad sebagai perantara sebagaimana diwajibkan pada Toposurface. Hubungan Cut Geometry yang terbentuk juga bersifat asosiatif, sehingga volume potongan pada Toposolid ikut memperbarui posisinya secara otomatis ketika elevasi elemen bangunan di atasnya berubah.

Dua kendala teknis utama dijumpai pada tahap ini. Pertama, jumlah 15.531 vertex kontur melampaui batas praktis 10.000 titik pada Revit 2025, sehingga berpotensi memicu down-sampling otomatis pada area topografi curam. Kedua, koordinat sumber data dalam sistem UTM memiliki nilai X dan Y yang sangat besar sehingga tidak dapat langsung digunakan sebagai Project Base Point; penanganannya dilakukan melalui mekanisme Acquire Coordinates/Shared Coordinates agar tidak melampaui batas jarak praktis dari origin internal Revit.

B. Perbandingan Toposolid dan Toposurface: Efisiensi Waktu dan Akurasi

Eksperimen pemodelan dilakukan pada data topografi yang identik menggunakan dua metode, yaitu Toposolid (Revit 2025) dan Toposurface (Revit 2022), untuk memperoleh perbandingan yang objektif terhadap kecepatan, akurasi, dan kemudahan editing. Ringkasan waktu tiap tahapan pemodelan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Efisiensi Waktu Pemodelan Toposurface dan Toposolid

Tahapan Pemodelan	Toposurface (menit)	Toposolid (menit)	Efisiensi
Impor data topografi	±15	±10	33,3%
Pembentukan model kontur	±40	±25	37,5%
Editing elevasi dan gradasi	±60	±35	41,7%
Integrasi dengan bangunan	±45	±25	44,4%
Revisi desain	±50	±20	60,0%
Total rata-rata	±210	±115	±45%

Tabel 1 menunjukkan bahwa Toposolid menghasilkan total waktu pemodelan rata-rata sekitar 115 menit, lebih efisien sekitar 45% dibandingkan Toposurface yang membutuhkan sekitar 210 menit. Efisiensi paling menonjol terlihat pada tahap revisi desain (60%) dan integrasi dengan elemen bangunan (44,4%), karena Toposolid tidak memerlukan elemen Building Pad tambahan dan memiliki hubungan asosiatif terhadap perubahan elevasi elemen bangunan [9], [15]. Temuan ini sejalan dengan prinsip pemodelan parametrik yang ditekankan oleh Biancardo dkk. [2] serta Liu, Wang, dan Wu [12] mengenai peningkatan efisiensi koordinasi antara elemen tapak dan elemen bangunan pada tahap desain dan konstruksi site layout.

Tabel 2. Ringkasan Akurasi Vertikal (RMSE) Toposolid dan Toposurface terhadap 104 Titik Kontrol Survei

Parameter Statistik	Toposurface	Toposolid
Jumlah titik terverifikasi	104 titik	104 titik
Rata-rata selisih elevasi	+0,04 m	+0,03 m
Deviasi standar (SD)	0,18 m	0,17 m
Root Mean Square Error (RMSE)	0,19 m	0,18 m
Deviasi maksimum	0,62 m	0,58 m

Berdasarkan Tabel 2, kedua metode menghasilkan nilai RMSE yang relatif berdekatan, yaitu 0,19 m pada Toposurface dan 0,18 m pada Toposolid, dengan selisih yang tidak signifikan secara praktis mengingat interval kontur minor pada data sumber adalah 0,5 m. Penyimpangan terbesar pada kedua model konsisten ditemukan pada area yang memiliki kemiringan lokal ekstrem, menunjukkan bahwa proses down-sampling otomatis saat impor data cenderung menyederhanakan geometri secara lebih agresif pada area bertopografi curam. Pendekatan RMSE yang digunakan mengacu pada metode statistik validasi model elevasi digital [18]. Dengan demikian, akurasi representasi kontur pada penelitian ini lebih ditentukan oleh kepadatan data masukan dan perilaku down-sampling Revit, bukan oleh perbedaan mendasar antara elemen Toposolid dan Toposurface itu sendiri.

C. Kemudahan Editing dan Keterbatasan Toposolid

Simulasi dua skenario revisi desain, yaitu perubahan elevasi lantai dasar gedung kelas dan penambahan area parkir baru, menunjukkan bahwa Toposolid memberikan efisiensi waktu revisi sekitar 47,5% dibandingkan Toposurface beserta Building Pad pendukungnya. Efisiensi paling signifikan terjadi pada skenario perubahan elevasi lantai dasar (sekitar 67%), karena hubungan Cut Geometry yang asosiatif memungkinkan volume potongan Toposolid ter-update

otomatis tanpa mengulangi perintah pemotongan, sejalan dengan prinsip konsistensi parametrik yang ditekankan oleh Girardet dan Botton [9] serta Singer dan Borrmann [15].

Meskipun demikian, keunggulan Toposolid tidak bersifat menyeluruh pada semua aspek editing. Operasi penggabungan (Join Geometry) antar-bagian Toposolid hasil Split Element tidak menghasilkan penggabungan sejati sebagaimana Merge Surfaces pada Toposurface, karena garis batas hasil split tetap terlihat ketika kursor diarahkan ke area sambungan. Selain itu, mekanisme perhitungan cut and fill pada Toposolid menggunakan operasi Boolean antar-elemen solid, yang tidak dirancang khusus untuk keperluan site grading sehingga hasil perhitungan volume tetap memerlukan verifikasi manual, terutama pada proyek dengan volume pekerjaan tanah yang besar dan bernilai signifikan terhadap anggaran.

Secara keseluruhan, kelebihan Toposolid pada proyek SMU Unggul Garuda paling tepat dipahami sebagai keunggulan yang bersifat spesifik pada skenario interaksi tapak-bangunan dan efisiensi waktu kerja, sejalan dengan kerangka kerja site layout otomatis berbasis BIM yang dikembangkan Kumar dan Cheng [11], dan bukan sebagai keunggulan menyeluruh dibandingkan Toposurface pada semua variabel yang diuji. Tim yang terbiasa dengan alur kerja Toposurface konvensional juga memerlukan waktu adaptasi terhadap perbedaan mendasar mekanisme Split/Join pada Toposolid dibandingkan Split/Merge pada Toposurface.

IV. SIMPULAN

Penerapan Toposolid dalam pemodelan site plan pada proyek SMU Unggul Garuda dapat diselesaikan secara end-to-end mulai dari impor data topografi, pembentukan model, penyesuaian elevasi dan kemiringan, operasi subtract dan merge dengan elemen bangunan, hingga integrasi dengan model bangunan dan infrastruktur, tanpa terhambat oleh kegagalan fundamental pada salah satu tahapan. Dibandingkan dengan Toposurface, Toposolid terbukti meningkatkan efisiensi waktu pemodelan sekitar 45% dan efisiensi waktu revisi desain sekitar 47,5%, terutama karena kemampuannya berinteraksi langsung sebagai elemen solid dengan elemen Floor, Wall, dan Structural Foundation tanpa memerlukan elemen Building Pad. Dari sisi akurasi, kedua metode menghasilkan nilai RMSE yang relatif setara (0,18 m berbanding 0,19 m terhadap 104 titik kontrol survei), sehingga keunggulan Toposolid pada penelitian ini lebih bertumpu pada efisiensi kerja dan kemudahan interaksi tapak-bangunan, bukan pada peningkatan akurasi geometri dasar. Toposolid dapat menjadi alternatif metode pemodelan landscape berbasis BIM yang lebih unggul dari sisi efisiensi kerja untuk proyek dengan kondisi topografi kompleks seperti SMU Unggul Garuda, dengan catatan hasil perhitungan cut and fill otomatisnya tetap perlu diverifikasi secara manual untuk keperluan kontraktual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, atas dukungan fasilitas dan administrasi selama penelitian berlangsung, serta kepada pihak proyek SMU Unggul Garuda yang telah memberikan izin dan akses data topografi untuk keperluan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. H. Amer and O. Hasan, "Level of detail (LOD) specifications, standards and file-format challenges in infrastructure projects for BIM level three," *WIT Transactions on the Built Environment*, vol. 169, pp. 143–154, 2017.
- [2] S. A. Biancardo, A. Capano, S. G. de Oliveira, and A. Tibaut, "Integration of BIM and procedural modeling tools for road design," *Infrastructures*, vol. 5, no. 4, p. 37, 2020.
- [3] A. Bradley, H. Li, R. Lark, and S. Dunn, "BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective," *Automation in Construction*, vol. 71, pp. 139–152, 2016.
- [4] I. Bruckner and M. Remy, "BIM model landscape/open spaces: An approach for landscape and environmental planning in infrastructure projects," *Journal of Digital Landscape Architecture*, vol. 6, pp. 376–385, 2021.
- [5] H. Y. Chong, R. Lopez, J. Wang, X. Wang, and Z. Zhao, "Comparative analysis on the adoption and use of BIM in road infrastructure projects," *Journal of Management in Engineering*, vol. 32, no. 6, p. 05016021, 2016.
- [6] A. Costin, A. Adibfar, H. Hu, and S. S. Chen, "Building information modeling (BIM) for transportation infrastructure—Literature review, applications, challenges, and recommendations," *Automation in Construction*, vol. 94, pp. 257–281, 2018.
- [7] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, 2nd ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011.

- [8] G. S. Floros, G. Boyes, D. Owens, and C. Ellul, "Developing IFC for infrastructure: A case study of three highway entities," *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. IV-4/W8, pp. 1–8, 2019.
- [9] A. Girardet and C. Botton, "A parametric BIM approach to foster bridge project design and analysis," *Automation in Construction*, vol. 126, p. 103679, 2021.
- [10] N. Khan, A. K. Ali, M. J. Skibniewski, D. J. Lee, and C. Park, "Excavation safety modeling approach using BIM and VPL," *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, p. 1515808, 2019.
- [11] S. S. Kumar and J. C. P. Cheng, "A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites," *Automation in Construction*, vol. 59, pp. 24–37, 2015.
- [12] X. Liu, X. Wang, and P. Wu, "Leveraging BIM to improve design and construction of site layout," *Automation in Construction*, vol. 82, pp. 1–10, 2017.
- [13] G. B. Ozturk, "Interoperability in building information modeling for AECO/FM industry," *Automation in Construction*, vol. 113, p. 103122, 2020.
- [14] M. Pasetto, A. Giordano, P. Borin, and G. Giacomello, "Integrated railway design using Infrastructure-Building Information Modeling: The case study of the port of Venice," *Transportation Research Procedia*, vol. 45, pp. 850–857, 2020.
- [15] D. Singer and A. Borrmann, "A novel knowledge-based engineering approach for infrastructure design," in *Proc. 4th Int. Conf. Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering*, 2015.
- [16] R. Slobodchikov, K. L. Bakke, P. R. Svennevig, and R. O'Born, "Implementing climate impacts in road infrastructure in the design phase by combining BIM with LCA," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 323, p. 012108, 2019.
- [17] H. Son, C. Kim, and H. Kim, "A study on the effects of BIM adoption and methods of implementation in landscape architecture," *KIEAE Journal*, vol. 17, no. 1, pp. 5–12, 2017.
- [18] J. Höhle and M. Höhle, "Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 64, no. 4, pp. 398–406, 2009.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.