
VISUALISASI GRAFIK TIGA DIMENSI (3D) UNTUK INFORMASI PADA SIMULASI TOPOGRAFI DI LINGKUNGAN PURA SIWA STANA GIRI, KOTA AMBON DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA BERBASIS ATURAN

THREE DIMENSION (3D) GRAPHIC VISUALIZATION FOR INFORMATION OF TOPOGRAPHIC SIMULATION IN SIWA STANA GIRI TEMPLE AREA, AMBON CITY USING RULE-BASED ALGORITM

Aditya Ramadhan^{1*}, Samsul Bahri²

^{1,2}Prodi Teknik Geofisika, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Jln.Ir.M. Putuhena Poka, Ambon, Maluku (97233), Indonesia

* aditya.ramadhan@fatek.unpatti.ac.id

Abstrak. Negeri Nusaniwe merupakan adalah satu desa yang berada di Kota Ambon yang daerahnya banyak ditemui perbukitan yang salah satunya berada tepat di atas lahan kawasan tempat ibadah yaitu Pura Siwa Stana Giri. Topografi di lokasi tersebut dapat dieksplorasi dengan cara survei topografi seperti pengambilan titik lokasi dari ketinggian tertentu dari dasar bukit menuju ke puncak bukit terutama dalam mengetahui bidang miring yang membentang di lereng bukit. Representasi data dapat disajikan dalam model grafik 3D untuk dapat berpikir secara spasial terutama dalam memahami peta dengan melihat objek dari berbagai sudut pandang. Penelitian ini bertujuan untuk memvisualisasikan grafik 3D yang mensimulasikan topografi bukit yang berada di lingkungan Pura Siwa Stana Giri menggunakan algoritma berbasis aturan dari MATLAB. Alur kerja dimulai dari persiapan data (langkah dari konsep hingga visualisasi) hingga penyajian data untuk desain peta 3D. Saat membuat visualisasi 3D, tentunya sejumlah tantangan akan dihadapi khususnya terkait pemilihan sudut pandang. Algoritma dapat memvisualisasikan grafik 3D dengan cukup baik untuk menunjukkan bidang miring lereng bukit. Topografi permukaan bidang lereng dapat diprediksi berdasarkan modelnya melalui simulasi. Rancangan model topografi disajikan dalam bentuk grafik 3D yang kemudian divertifikasi hasil prediksinya. Hasil yang diperoleh, model topografi dapat digambarkan dengan menginput variabel nilai khususnya nilai ketinggian di lokasi bukit dan jarak kemiringan di lereng bukit. Masalah teknis visualisasi data 3D tentu dapat ditemui saat melakukan simulasi penggambaran topografi bidang miring pada lereng bukit.

Kata kunci: topografi, bukit, pemodelan, 3D

Abstract. Negeri Nusaniwe is a village in Ambon City where there are many hills, one of which is right on the land of a place of worship, namely Siwa Stana Giri Temple. The topography at this location can be explored by means of a topographic survey such as taking location points from a certain height from the bottom of the hill to the top of the hill, especially by knowing the inclined plane that stretches across the hillside. Data representation can be presented in a 3D graphic model to be able to think spatially, especially in understanding maps by looking at objects from various points of view. This research aims to visualize 3D graphics that simulate the topography of hills in the Siwa Stana Giri Temple environment using the MATLAB algorithm. The workflow starts from data preparation (steps from concept to visualization) to data presentation for 3D map design. When creating 3D visualizations, of course a number of challenges will be faced, especially regarding the choice of viewpoint. The algorithm can visualize 3D graphics well enough to show the slope of a hillside. The surface topography of the slope area can be predicted based on the model through simulation.

The topographic model design is presented in the form of a 3D graphic and then the prediction results are verified. The results obtained, the topographic model can be described by inputting variable values, especially the height value at the hill location and the slope distance on the hill slope. Technical problems with 3D data visualization can certainly be encountered when simulating the depiction of the topography of an inclined plane on a hillside.

Keywords: topography, hills, modeling, 3D

1. PENDAHULUAN

Negeri Nusaniwe merupakan adalah satu desa yang berada di Kota Ambon. Nusaniwe sendiri berasal dari dua suku kata yaitu Nusa (Pulau) dan Niwel (Kelapa) yang digabungkan menjadi Nusaniwe (Pulau Kelapa). Negeri Nusaniwe terletak pada koordinat 03°44'37,96" LS - 03°46'34,97" LS dan 128°07'47,25" BT - 128°07'54,49" BT dengan luas wilayah sekitar kurang lebih 1.600 ha (BPS Kota Ambon, 2021). Negeri Nusaniwe banyak terdapat daerah-daerah perbukitan yang salah satunya perbukitan tersebut berada tepat di atas lahan kawasan tempat ibadah yaitu Pura Siwa Stana Giri.

Topografi dapat diartikan sebagai gambaran permukaan bumi yang mempresentasikan tampilan permukaan bumi secara keseluruhan, baik yang dibuat secara sengaja (buatan) maupun dibuat secara tidak disengaja (alami) termasuk adanya ketinggian (altitude) di permukaan bumi. Topografi dapat dianggap sebagai model gambaran permukaan bumi dalam bentuk 2D. Ketinggian permukaan bumi dalam bentuk 2D digambarkan sebagai garis kontur yang mempresentasikan berbagai pola dan ragam ketinggian permukaan bumi yang mewakili garis tertentu pada suatu daerah di permukaan bumi. Permukaan bumi dapat divisualisasikan dalam bentuk apa saja baik 2D maupun 3D tergantung fungsi dan tujuan yang ingin dikaji. Tentunya permukaan bumi dalam bentuk 3D akan lebih membuat pengguna atau orang dapat berpikir secara spasial mengenai objek bentuk bumi yang divisualisasikan. Seiring dengan kemajuan komputer dan perangkat lunak, saat ini bumi permukaan dapat dimodelkan dan divisualisasikan secara tiga dimensi (3D). Jadi orang tidak hanya bisa membayangkan seperti apa permukaan bumi dalam 3D, tapi apalagi bisa dilihat langsung melalui perangkat display. Permukaan topografi dalam 3D lebih jelas dan realistis dibandingkan dengan visualisasi 2D (Mulkal & Wandu, 2019). Visualisasi grafik 3D digambarkan dalam bentuk, posisi dan orientasi yang telah didigitalisasi untuk dapat mempresentasikan penggambaran kompleks serta proses yang terjadi di atas permukaan bumi. Bentuk bumi digambarkan sebagai relief yang disajikan dalam bentuk peta 3D untuk mempermudah identifikasi medan permukaan bumi serta relasi dan korelasi antara objek 2D dan 3D. Sejauh ini penelitian mengenai model permukaan bumi dalam bentuk 3D secara digital sudah banyak ditemukan baik dalam bentuk simulasi maya maupun kondisi sebenarnya (nyata). Penerapan model ini sudah banyak dipergunakan untuk mengidentifikasi pola terjadinya kejadian atau peristiwa di permukaan bumi termasuk bencana alam (Ajayi & Palmer, 2020).

Lonjakan permintaan ini telah mendorong pengembangan berbagai teknologi untuk menghasilkan 3D model topografi yang secara akurat menggambarkan konfigurasi medan bumi, dan lebih khusus lagi bidang peminatan (AOI). Struktur data yang paling banyak digunakan digunakan untuk menyimpan dan menganalisis informasi tentang topografi dalam lingkungan Sistem Informasi Geografis (GIS) (Peralvo, 2004). Kecanggihan aplikasi saat ini telah mendorong perkembangan pemodelan objek 3D secara pesat terkait pemodelan relief bumi secara nyata mulai dari konversi 2D menjadi 3D. Sayangnya pembuatan model dalam bentuk 3D membutuhkan waktu pengerjaan yang sangat banyak serta belum bisa dilakukan secara otomatis langsung jadi secara sekejap (Oude Elberink, 2010). Derasnya peminatan terhadap pemodelan 3D terutama pemodelan bentuk relief permukaan bumi telah membuat semakin majunya perkembangan teknologi yang mampu menghasilkan produk 3D yang secara akurat mampu memodelkan permukaan bumi baik secara detil maupun cakupan bidang tertentu (AOI). Biasanya pemodelan 3D ini dapat ditemukan penerapannya untuk analisis topografi yang berkaitan dengan Sistem Informasi Geografis (GIS) (Oude Elberink, 2010). Penerapan model topografi yang memakai skala millimeter hingga kilometer secara spasial dewasa ini sudah dapat dimanfaatkan pada seluruh cabang ilmu kebumih atau geosains (James & Robson, 2012).

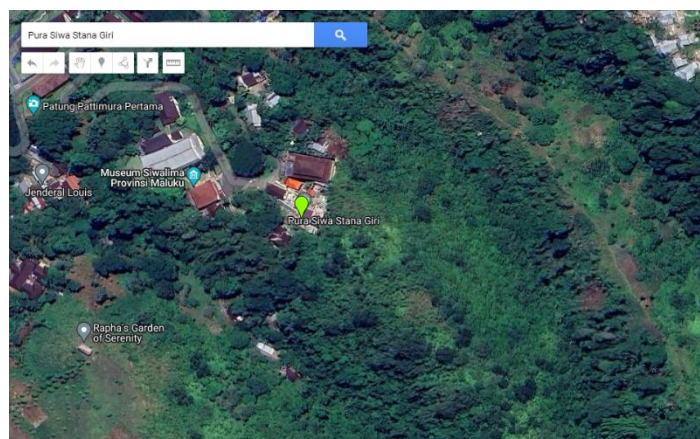
Beberapa penelitian telah dilakukan dalam rangka pemodelan 3D bentuk permukaan bumi yang menggambarkan topografi dan ketinggian permukaan bumi. Penelitian Quinsat dkk. (2011) mempresentasikan topografi permukaan bumi dalam bentuk 3D dengan melihat bagaimana pengaruh posisi alat dan parameter potong yang diberikan melalui

jalur potong. Sarma & Dutta (1997) dalam (Jung dkk. (2005) mengamati pembentukan ketinggian permukaan bumi secara 3D serta Hao dkk. (2000) mengimplementasikan teknis pembentukan menggunakan simulasi topografi permukaan bumi 3D (Peng et al., 2018). Menurut Rostianingsih dkk., 2004, model objek 3D yang direpresentasikan dalam bentuk titik dengan spasi atau jarak tertentu (asak tidak rapat) disertai bentuk garis akan jauh lebih baik daripada bentuk titik saja. Visualisasi informasi dalam bentuk 3D akan membuat para pengguna atau orang-orang lebih mengerti akan maknanya daripada visualisasi informasi dalam bentuk peta 2D. Akan tetapi Alqahatani et al., 2020 menganggap bahwa ketersediaan visualisasi tampilan topografi yang terkontrol sebaiknya dipelajari terlebih dahulu karakteristiknya. Oleh karena itu, beberapa pendekatan yang efektifi sangat diperlukan untuk mengkoreksi dan mengidentifikasi adanya ralat. Pada proses pembuatan model dalam bentuk 2D atau 3D tentunya memerlukan adanya mesh terkomputerisasi yang isinya terdapat topografi permukaan bumi secara real contohnya dapat berupa kedalaman sungai. Model 3D memerlukan titik atau koordinat z yang mempresentasikan variabel ketinggian suatu bidang. Hali ini dapat diterapkan melalui metode interpolasi data topografi ketinggian permukaan bumi pada suatu lokasi titik survei (Song et al., 2020). Pemodelan 3D dalam pemetaan masih terdapat tantangan terutama dalam mereka ulang lapisan permukaan bumi, digitasi manual serta tumpang tindih antara pemodelan 2D dan 3D (Lemenkova, 2021).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan pemodelan 3D yakni metode numerik untuk memperkirakan topografi relief suatu bentuk yang terintegrasi dengan kondisi nyata dengan bentuk permukaan bumi secara 3D (W. Ali & R.A. Abdullah, 2022). Penggunaan metode numerik dapat digunakan untuk pemodelan 3D dengan algoritma tertentu dalam membuat peta 3D (Jenny, 2011). Interpretasi data dapat dilakukan dengan menggunakan aturan yang diinginkan melalui pengkelasan variabel tertentu (Ramadhan & Bahri, 2023). Peta 3D dapat disajikan dari peta 2D yang terdiri dari aturan dan variabel tertentu yang dapat memproyeksikan ruang dimana pemodelan 3D mempresentasikan bentuk permukaan bumi serta komponen-komponen lain yang termasuk di dalamnya (Brown et al., 2013). Penelitian ini bertujuan untuk memvisualisasikan grafik 3D yang mensimulasikan topografi menggunakan algoritma MATLAB.

2. METODE PENELITIAN

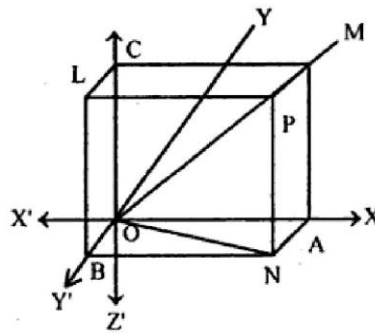
Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Lingkungan Pura Siwa Stana Giri yang berada di Negeri Nusaniwe, Kota Ambon, Provinsi Maluku. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Data yang digunakan diperoleh dari hasil survei lapangan dan referensi dari Google Maps. Sedangkan perangkat analisis yang digunakan adalah seperangkat laptop dengan perangkat MATLAB 7.8 (R2009a) versi 64-bit untuk pengolahan data sekaligus analisis data dan visualisasinya.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Lingkungan Pura Siwa Stana Giri (Sumber : Google Maps, 2023).

Tahap pengolahan data dimulai dengan melakukan daerah cakupan yang akan digunakan dalam penelitian. Nilai titik ketinggian dapat diperoleh dari hasil pengamatan survei titik di lapangan menggunakan GPS serta data referensi nilai titik ketinggian di Google Earth. Dalam penelitian ini, nilai titik ketinggian menjadi variabel input.

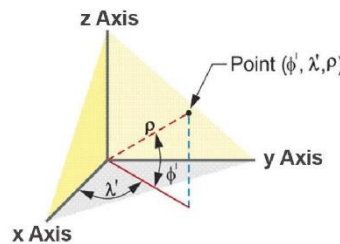
Sistem koordinat kartesian merupakan sistem koordinat yang paling sering dipakai dalam menganalisis geometri 3D. Sistem koordinat digambarkan seperti yang terlihat pada Gambar 2.



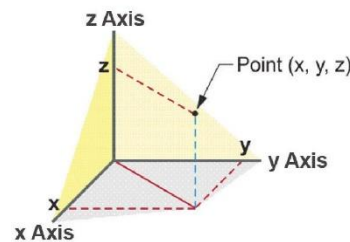
Gambar 2. Rectangular Cartesian Co-ordinates (Sharma, 2005)

Dua garis yang saling tegak lurus yakni $Y'OY$ dan ZOZ' saling berpotongan di titik O. Anggap titik O merupakan titik asal maka akan terlihat garis lain yaitu $X'OX$ yang tegak lurus dengan kedua garis tadi. Jadi, ketiga garis yakni $X'OX$, $Y'OY$ dan ZOZ' masing masing disebut sumbu x, sumbu y dan sumbu z dan disebut juga sebagai sumbu koordinat (*co-ordinate axes*) (*rectangular*). Dari ketiga sumbu tersebut membentang tiga bidang yakni bidang YOZ, ZOZ dan XOY disebut sebagai bidang yz, zx, dan xy yang disebut juga sebagai bidang koordinat (*co-ordinate planes*) (Sharma, 2005). Pada Gambar 3, Sumbu z merupakan sumbu ketiga dalam koordinat kartesius dan koordinat kutub yang dapat mempresentasikan posisi dalam ruang 3D dimana sumbu z tegak lurus dengan perbatasan bidang sumbu x dan sumbu y. Penambahan jarak terhadap sumbu ini melengkapi koordinat 3D di suatu titik dalam ruang (Sickle, 2017).

Polar Coordinate



Cartesian Coordinate



Gambar 3. Koordinat 3D polar dan Kartesius (Sickle, 2017)

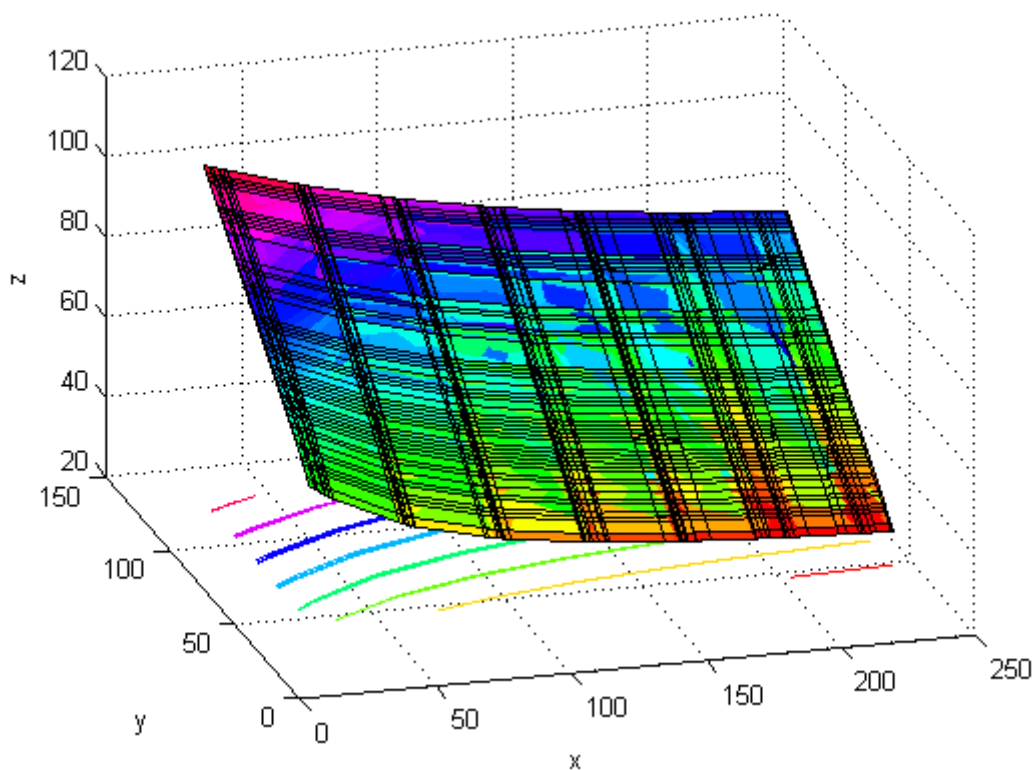
Pada Gambar 3, Simbol ϕ' dan λ' merupakan sudut pada koordinat xyz. Penggambaran model bumi diilustrasikan dengan koordinat kutub 3D yang diturunkan dari titik asal sumbu. Simbol ketiga pada koordinat kutub dilambangkan dengan rho (ρ) dan ϕ . Akan tetapi, setiap posisi koordinat dalam sistem berada pada model bumi. Sistem koordinat Kartesius 3D dapat diilustrasikan dengan titik asal di pusat bumi. Sistem ini dapat menggambarkan titik-titik pada permukaan model bumi berdasarkan permukaan bumi yang sebenarnya (Sickle, 2017).

Asumsi variabel *input* berupa nilai ketinggian pada titik tertentu yang diperoleh dari hasil survei lapangan dan referensi dari Google Earth dalam satuan meter. Setelah mengumpulkan nilai ketinggian pada titik tertentu, langkah selanjutnya yaitu membuat aturan dalam bentuk algoritma. Proses interpretasi data dilakukan dengan membuat aturan dengan

program MATLAB. Algoritma yang dibuat menggunakan fungsi baris perintah atau *script* bahasa MATLAB sesuai dengan aturan dari pengguna (*user*) dalam bentuk M-file pada MATLAB.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Visualisasi hasil model topografi yakni berasal dari variabel nilai ketinggian yang dihimpun dari data ketinggian (*altitude*) di lokasi salah satu bukit di lingkungan Pura Siwa Stana Giri dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil yang diperoleh dari plotting titik nilai ketinggian menampilkan grafik bidang miring yang mempresentasikan petak luasan kemiringan permukaan lereng di lingkungan Siwa Stana Giri. Sumbu x mewakili jarak dari titik sebelah utara bukit di lingkungan Pura Siwa Stana Giri ke sebelah selatan lingkungan Pura Siwa Stana Giri. Sumbu y mewakili jarak dari titik sebelah barat bukit di lingkungan Pura Siwa Stana Giri ke sebelah timur lingkungan Pura Siwa Stana Giri. Sumbu z mewakili jarak vertikal ketinggian bukit di lingkungan Pura Siwa Stana Giri. Garis di bidang hitam keabuan yang ditampilkan merupakan garis imajiner bidang miring dari lereng.



Gambar 4. Hasil visualisasi bidang miring lereng bukit di lingkungan Pura Siwa Stana Giri. Sumbu x mewakili jarak dari titik sebelah utara bukit di lingkungan Pura Siwa Stana Giri ke sebelah selatan lingkungan Pura Siwa Stana Giri. Sumbu y mewakili jarak dari titik sebelah barat bukit di lingkungan Pura Siwa Stana Giri ke sebelah timur lingkungan Pura Siwa Stana Giri. Sumbu z mewakili jarak vertikal ketinggian bukit di lingkungan Pura Siwa Stana Giri.



Gambar 5. Hasil *overlay* kemiringan bidang lereng bukit di lingkungan Pura Siwa Stana Giri dengan gambar referensi lereng bukit di Google Earth

Hasil *overlay* yang dicocokkan dengan hasil yang diperoleh dengan referensi gambar dari Google Earth antara lain ditunjukkan pada Gambar 5. Adapun jarak bidang dan ketinggian bidang nilainya dapat dilihat pada grafik seperti pada Gambar 4. Hasil prediksi visualisasi 3D dari kemiringan bidang lereng dapat dilakukan dengan baik namun jika dikaji lebih rinci maka akan menjadi lebih kompleks.

Terlepas dari kerumitan dari metode ini, tentunya ada beberapa kelemahan maupun kekurangan dalam proses dan hasil yang diperoleh. Kelemahan serta kekurangan dari metode ini yaitu masih rentan mudah ditemui kesalahan atau *error* terhadap visualisasi grafik 3D yang dihasilkan. Adanya ketidakpastian atau kesalahan tafsir pada *terrain* secara sembarang di ketinggian pada titik tertentu dapat berpengaruh cukup signifikan dalam penyajian grafik 3D nya. Keterbatasan dari penelitian ini yaitu perlunya penelitian lebih lanjut dan mendalam dengan melakukan uji keakuratan hasil visualisasi yang diperoleh dan uji ketelitian posisi dari GPS. Uji keakuratan hasil visualisasi dilakukan dengan mengambil sampel titik di lapangan dan sampel titik pada referensi gambar. Keakuratan hasil prediksi ketinggian dan kemiringan bidang lereng masih perlu dikaji lebih lanjut dengan penggunaan alat tertentu yang jauh lebih baik dan canggih seperti penggunaan alat-alat survei topografi yang sudah banyak berkembang dan praktis dalam pengambilan data yang lebih aktual dan terpercaya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa pemrograman berdasarkan algoritma tertentu dapat digunakan memprediksi ketinggian dan kemiringan bidang lereng berdasarkan nilai titik ketinggian di lokasi tertentu menggunakan prinsip sistem koordinat kartesian 3D. Algoritma dalam bahasa MATLAB yang dapat digunakan dapat melakukan pemodelan 3D kemiringan bidang lereng bukit di lingkungan Siwa Stana Giri meskipun hasil yang diperoleh masih terdapat margin *error* yang cukup signifikan, Perbedaannya terlihat dari kecocokan visualisasi grafik 3D yang diperoleh dengan referensi gambar dari Google Earth. Permasalahan yang tentunya dapat ditemukan diantaranya yaitu terkait hasil yang diperoleh masih perlu banyak perbaikan dan kajian lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberikan dukungan atas penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajayi, O., & Palmer, M. (2020). Modelling 3D Topography by Comparing Airborne Lidar Data with Unmanned Aerial System (UAS) Photogrammetry Under Multiple Imaging Conditions. *Geoplanning Journal of Geomatics and Planning*, 6, 122–138. <https://doi.org/10.14710/geoplanning.6.2.122-138>
- Alqahtani, M., Jeong, M., & Elsayed, E. (2020). Spatially weighted graph theory-based approach for monitoring faults in 3D topographic surfaces. *International Journal of Production Research*, 59, 1–18. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1812755>
- BPS Kota Ambon. (2021). Kecamatan Nusaniwe dalam Angka 2021. Ambon: Badan Pusat Statistik Kota Ambon
- Brown, G., Nagel, C., Zlatanova, S., & Kolbe, T. (2013). Modelling 3D Topographic Space Against Indoor Navigation Requirements. In *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (p. pp.1-22). https://doi.org/10.1007/978-3-642-29793-9_1
- Hao, M., Terai, H., & Mizugaki, Y. (2000). Theoretical Analysis on Generating Mechanism of Machined Surface in Ball-nosed End Milling for Spherical Surface. (2nd Report). The Estimation of Machined Surface based on Spiral Cutting Edge in Consideration of Frank Interference. *Journal of the Japan Society for Precision Engineering*, 66, 1150–1154. <https://doi.org/10.2493/jjspe.66.1150>
- James, M., & Robson, S. (2012). Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: Accuracy and geoscience application. *Journal of Geophysical Research*, 117, F03017. <https://doi.org/10.1029/2011JF002289>
- Jenny, H. (2011). Geometric design alternatives for computer-generated 3D maps inspired by hand-painted panoramas. Retrieved from <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55017227>
- Jung, T.-S., Yang, M.-Y., & Lee, K.-J. (2005). A new approach to analysing machined surfaces by ball-end milling, part I: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 25(9), 833–840. <https://doi.org/10.1007/s00170-003-1930-5>
- Lemenkova, P. (2021). Using GMT for 2D and 3D Modeling of the Ryukyu Trench Topography, Pacific Ocean. *Miscellanea Geographica*, 25, 213–225. <https://doi.org/10.2478/mgrsd-2020-0038>
- Mulkal, M., & Wandu, R. (2019). Inverse Distance Weight Spatial Interpolation for Topographic Surface 3D Modelling. *TECHSI - Jurnal Teknik Informatika*, 11, 385. <https://doi.org/10.29103/techsi.v11i3.1934>
- Oude Elberink, S. (2010). Acquisition of 3D topography: automated 3D road and building reconstruction using airborne laser scanner data and topographic maps. *Chemical Engineering Science - CHEM ENG SCI*.
- Peng, Z., Jiao, L., Yan, P., Yuan, M., Gao, S., Yi, J., & Wang, X. (2018). Simulation and experimental study on 3D surface topography in micro-ball-end milling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96(5), 1943–1958. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1597-6>
- Peralvo, M. (2004). Influence of DEM interpolation methods in Drainage Analysis. *Gis Hydro*, 4.
- Quinsat, Y., Lavernhe, S., & Lartigue, C. (2011). Characterization of 3D surface topography in 5-axis milling. *Wear*, 271, 590–595. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2010.05.014>
- Ramadhan, A., & Bahri, S. (2023). Studi Perbandingan Prediksi Panjang Garis Pantai di Teluk Ambon Dalam Dengan Menggunakan OBIA (Object-Based Image Analysis). *Tanah Goyang*, 1(1), 10–17.
- Rostianingsih, S., Gunadi, K., & Handoyo, I. (2004). PEMODELAN PETA TOPOGRAFI KE OBJEK TIGA DIMENSI. *Jurnal Informatika*, 5.
- Sarma, R., & Dutta, D. (1997). The geometry and generation of NC tool paths. *Journal of Mechanical Design*, 119, 253–258. Retrieved from <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:110677456>
- Sharma, A. K. (2005). *Text Book of 3D Co-ordinate System and Straight Lines*. New Delhi: Discovery Publishing House.

Sickle, J. Van. (2017). *Basic GIS Coordinates* (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press.

Song, Y., Huang, J., Toorman, E., & Yang, G. (2020). Reconstruction of River Topography for 3D Hydrodynamic Modelling Using Surveyed Cross-Sections: An Improved Algorithm. *Water*, 2020, 3539. <https://doi.org/10.3390/w12123539>

W. Ali, & R.A. Abdullah. (2022). *Simulating the topography induced stresses using 3D numerical modeling in The Evolution of Geotech - 25 Years of Innovation Book*. (Reginald Hammah, Thamer Yacoub, & J. C. Alison McQuillan, Eds.) (1st ed.). Boca Raton: CRC Press.