Jurnal Pertambangan dan Lingkungan
Vol. 6, No. 1, Juni 2025, pp. 19-25
ISSN 2775-1384

Aplikasi UAV *Photogrammetry* pada Produk Vulkanik Berupa Gumuk Area Zona Distal Longsoran Purba Gunung Raung

Abd. Hadid Rahman Ulfa [1,*], Erwin Anshari [1], Tri Utomo Taliding [1], Moh. Suriyaidulman Rianse [1]
[1] Universitas Halu Oleo, Jalan H.E.A. Mokodompit Kendari 93232, Indonesia.

* Corresponding author: abd.hadid@uho.ac.id
Received: Jun 1, 2025; Accepted: Jun 30, 2025.
DOI: https://doi.org/10.31764/jpl.v1i1.32329

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan teknologi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) *photogrammetry* dalam pemetaan longsoran purba gunung Raung yang berbentuk gumuk. Metode ini dirancang untuk memperoleh data yang akurat dan detail secara cepat, efisien, dan aman. UAV dilengkapi dengan kamera *photogrammetry* yang mampu menghasilkan citra udara resolusi tinggi. Pemrosesan citra dilakukan menggunakan perangkat lunak khusus untuk membangun model tiga dimensi pada produk longsoran gunung Raung dari area longsoran. Studi ini melibatkan survei udara dengan UAV untuk memperoleh dataset citra yang mencakup area gumuk. Hasil pemetaan mencakup visualisasi yang mendalam tentang struktur topografi dan karakteristik permukaan gumuk. Pengujian ketinggain dari data *Digital Surface Model* (DSM) dan *Digital Terrain Model* (DTM) pada gumuk menggunakan uji akurasi *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) menunjukkan ketinggian gumuk yang asli di lapangan. Pengujian dilakukan di slope yang berbeda pada area gumuk menghasilakan eror akurasi RMSE dan MAE berturut – turut 5.669 dan 4.947. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang keberadaan morfologi longsoran gunung Raung berupa gumuk di kabupaten Jember, Jawa timur. Dengan demikian, aplikasi ini dapat menjadi landasan untuk pengembangan survey awal penambangan bahan galian yang lebih efektif dan presisi pada wilayah dengan karakteristik serupa.

Kata Kunci: *UAV Photogrammetry, GIS Filtering, Longsoran purba, Gumuk.*

Abstract. *This study aims to apply UAV (Unmanned Aerial Vehicle) photogrammetry technology in mapping ancient landslides of Mt. Raung, characterized by mound-like formations (Hummock). The method is designed to obtain accurate and detailed data quickly, efficiently, and safely. The UAV is equipped with a photogrammetric camera capable of capturing high-resolution aerial imagery. The captured images are processed using specialized software to generate a three-dimensional model of the landslide features in the Mt. Raung area. The study involves aerial surveys using UAVs to acquire an image dataset covering the Hummock area. The mapping results provide an in-depth visualization of the topographic structure and surface characteristics of the mounds. Elevation testing using Digital Surface Model (DSM) and Digital Terrain Model (DTM) data was conducted with accuracy assessments through Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE), which revealed the actual mound elevations in the field. The tests conducted on slopes across different parts of the gumuk area resulted in RMSE and MAE values of 5.669 and 4.947, respectively. This study is expected to enhance understanding of the morphology of Mt. Raung's landslide features in the form of Hummock located in Jember Regency, East Java. Therefore, this application can serve as a foundation for developing more effective and precise preliminary surveys for mineral exploration in regions with similar characteristics.*

Keywords: *UAV Photogrammetry, GIS Filtering, Ancient landslides, Hummock.*

1. Pendahuluan

Wilayah Kabupaten Jember yang berlokasi di Jawa Timur merupakan wilayah yang dijuluki dengan "kota seribu gumuk". Gumuk adalah morfologi perbukitan kecil terisolasi, batuan penyusunnya pada

umumnya terdiri dari pasir-batu (sirtu) yang berasal dari produk aktivitas vulkanik pada masa lampau.

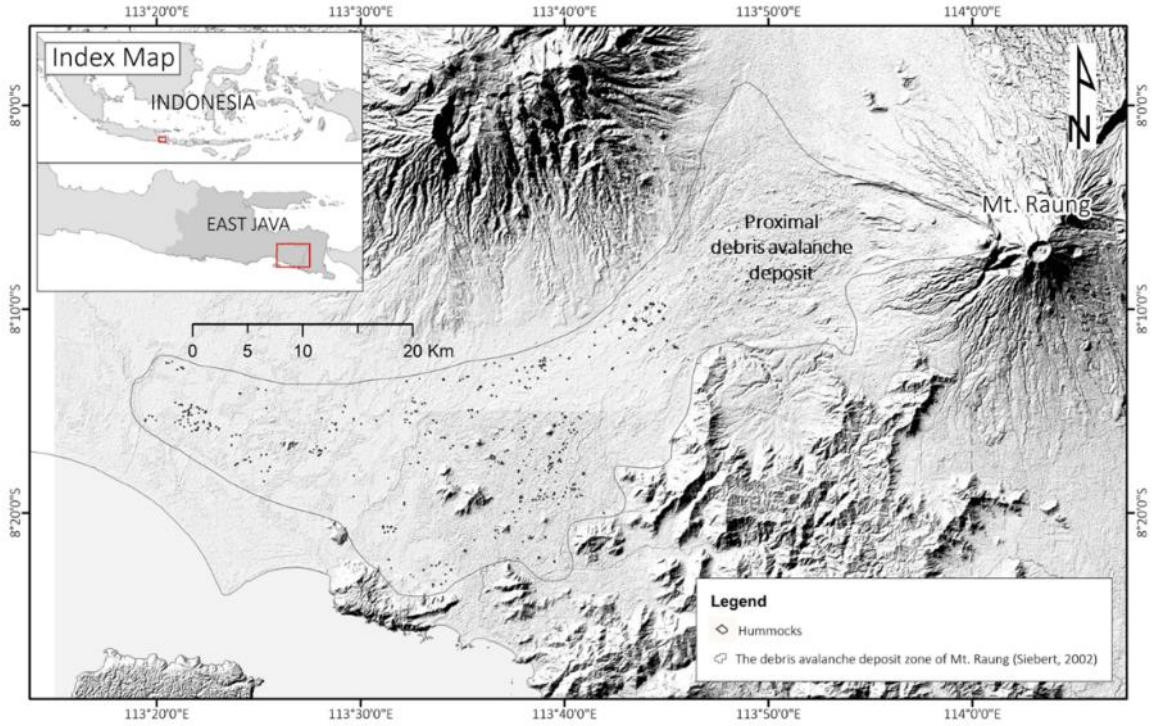
Hummock atau bukit kecil yang dikenal dengan istilah gumuk yang tersebar sejauh 79 km di daerah kabupaten Jember ini merupakan hasil longsoran pada bagian barat Gunung Raung (Siebert, 2002; Neumann van Padang, 1939). Longsoran ini merupakan longsoran gunung api terbesar di Indonesia dengan volume sekitar 20 km3. Siebert (2002) membagi area endapan longsoran Gunung Raung menjadi zona proksimal dan zona distal.

Survei penginderaan jauh dengan memanfaatkan UAV *(Unmanned Aerial Vehicles)* menawarkan efisiensi yang lebih tinggi dalam hal waktu, tenaga, dan biaya dibandingkan dengan survei terestrial dan teknik berbasis LIDAR (Sutanto, 2016). Saat ini, teknologi pemetaan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) pada UAV memberikan dukungan signifikan dalam pembaruan dan pembuatan peta baik skala makro ataupun dalam skala mikro, baik dari segi kecepatan, presisi, penghematan biaya, maupun keberlanjutan secara cepat. Penggunaan UAV memberikan potensi baru dengan akurasi nilai yang tinggi, penggunaan aplikasi dalam pengelolaan dan pemodelan pada hasil pemetaan menjadi lebih mudah di akses dan didapatkan, dan bahkan untuk perekaman data di area yang sulit dijangkau oleh teknik survei darat tradisional menjadi lebih mudah (Aicardi et al., 2014).

2. Data dan Metodologi

2.1. Deskripsi data dan area penelitian

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur (Gambar 1). Area penelitian terfokus pada area distal longsoran purba gunung Raung. Area ini menjadi unik karena kehadiran gumuk yang jumlahnya mencapai ratusan.



Gambar 1. Lokasi penelitian berada di Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur.

Istilah gumuk digunakan untuk menyebut bukit-bukit dengan ketinggian bervariasi yang tersusun atas batuan vulkanik dan dapat menjadi sumber endapan material sirtu (Gambar 2a dan Gambar 2b). Data UAV diakuisisi pada bulan Juni 2022 menggunakan UAV/Drone *Dji Spark* menghasilkan resolusi foto 0,03 meter.

[a] [b]

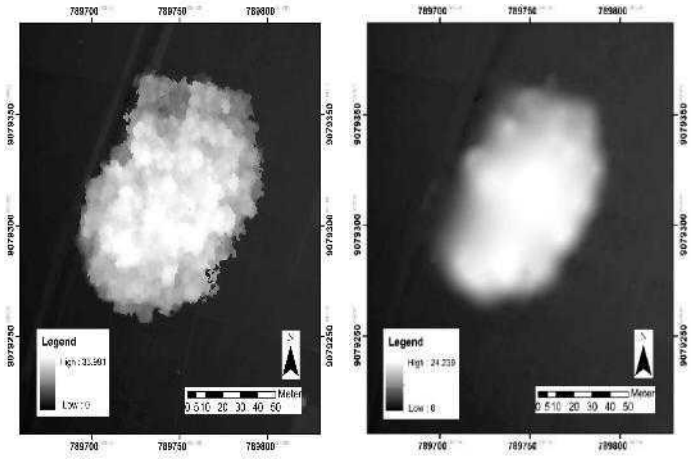
Gambar 2. Foto material penyusun gumuk berupa pasir dan batu (Sirtu)

Aplikasi survei UAV dalam menghasilkan data spasial untuk pemodelan dan analisis GIS mencakup bidang-bidang seperti perencanaan wilayah, geologi, perencanaan perkotaan, pertanian, dan kehutanan (Perko et al., 2015 dan Höfle et al., 2013).

2.2. Data DEM pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Digital Elevation Model (DEM) adalah representasi digital dari permukaan bumi yang menunjukkan elevasi atau ketinggian relatif dari berbagai titik di permukaan tersebut (Botequilha-Leitão, A., & Ahern, J., 2002). Melalui penerapan algoritma *key feature matching* pada foto-foto stereoskopis, mozaik foto dihasilkan dari data fotogrametri (Haala dan Cavegn, 2016).

Penggunaan UAV dalam akuisisi data memungkinkan untuk mendapatkan data morfologi yang sangat detail dari suatu area melalui algoritma key feature matching yang akan menghasilkan DSM (*Digital Surface Model*). Dari DSM ini, dapat dilakukan proses untuk menghasilkan *Digital Terrain Model* (DTM) yang berguna untuk berbagai aplikasi GIS (N. Pfeifer et all. 2008). Pada prinsipnya DEM merupakan suatu model digital yang mempresentasikan bentuk permukaan bumi dalam bentuk tiga dimensi. Selanjutnya DEM terbagi menjadi 2 bagian yaitu DSM dan DTM.



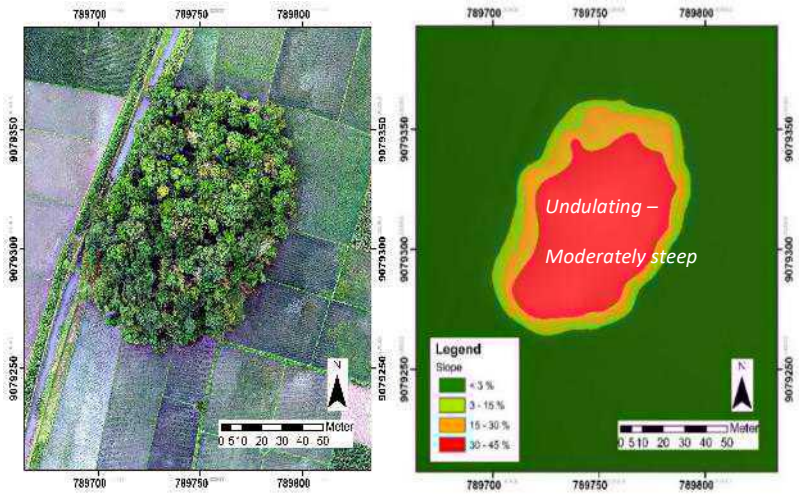
Gambar 3. Perbedaan antara DSM dan DTM pada gumuk (sebelah kanan DSM dan sebelah kiri DTM)

Pencocokan obyek foto (*key feature matching*) menghasilkan model penutup lahan yang disebut *Digital Surface Model* (DSM), yang selanjutnya dikonversi menjadi *Digital Terrain Model* (DTM).

Gambar 3 menggambarkan perbedaan antara DSM dan DTM, yang menunjukkan proses konversi dari DSM menjadi DTM melalui penghilangan elemen penutup lahan pada DSM dan ekstraksi topografi yang sebenarnya.

2.3. Slope Distribution area gumuk

Metode yang digunakan untuk mendelineasi boundary gumuk adalah dengan cara menghitung slope distribution yang diekstraksi dari data DEM fotogrametri UAV. Metode ini telah digunakan Hayakawa dkk. (2018) melakukan delineasi *Debris Avalanche Deposits* (DADs) di daerah Gunung Erciyes yang terletak di selatan kota Kayseri, Turki bagian tengah menggunakan data SRTM. Pada penelitian ini, *boundary* gumuk tidak selalu berada pada elevasi, sehingga digunakan slope distribution pada area sebaran gumuk untuk membantu dalam proses delineasi boundary gumuk. Pembagian kelas kemiringan lereng / *slope* distribution berdasarkan klasifikasi *United States Department of Agriculture* (USDA). Kelas klasifikasi lereng USDA dibagi men-jadi kelas *flat*, *undulating*, *moderately sloping*, *hilly*, *moderately steep*, *steep*, dan *very steep*, dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Identifikasi gumuk, Sebelah kanan menunjukkan gumuk hasil dari UAV ***p****hotogrammetry* dan sebelah kiri merupakan slope yang dimiliki oleh gumuk.

Salah satu hasil identifikasi gumuk menggunakan *slope distribution* pada area gumuk berada pada kelas lereng *Undulating – Moderately steep*, sedangkan area diluar gumuk berada pada kelas lereng flat (Gambar 4).

Tabel 1. Kelas Slope distribution (Pamela dkk, 2018) berdasarkan USDA

Deskripsi	**Slope Gradient Classes**	
	percentage (%)	Degree (°)
Flat	0 - 3 %	< 2
Undulating	3 - 8 %	2 - 5
Moderately sloping	8 - 15 %	5 - 8
Hilly	15 - 30 %	8 - 17
Moderately steep	30 - 45 %	17 - 24
Steep	45 - 65 %	24 - 33
Very steep	> 65 %	> 33

2.4. Uji akurasi data UAV

Uji akurasi yang dilakukan dalam penelitian ini untuk melihat selisih ketinggian antara data DTM yang didapatkan dengan data DSM. Nilai rata – rata yang dikuadratkan dari selesih DSM dan DTM digunakan untuk mendapatkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) (Susetyo dkk, 2015). Selain penggunaan RMSE untuk uji akurasi, penggunaan *Mean Absolute Error* (MAE) digunakan dalam penelitian ini untuk melihat distribusi kesalahan rata – rata dari selisih DSM dan DTM pada data UAV (Hematang F *et al*, 2022). Penggunaan RMSE dan MAE penting digunakan untuk membantu

menilai efektivitas pengolahan DSM dan DTM. RMSE dan MAE yang memiliki akurasi baik adalah nilai yang rendah atau mendekati 0. Penggunaan rumus RMSE dan MAE dapat dilihat pada rumus (1) dan (2) (Hematang F *et al*, 2022).

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Z_{DSM_i} - Z_{DTM_i})^2}}{n} \quad (1)$$

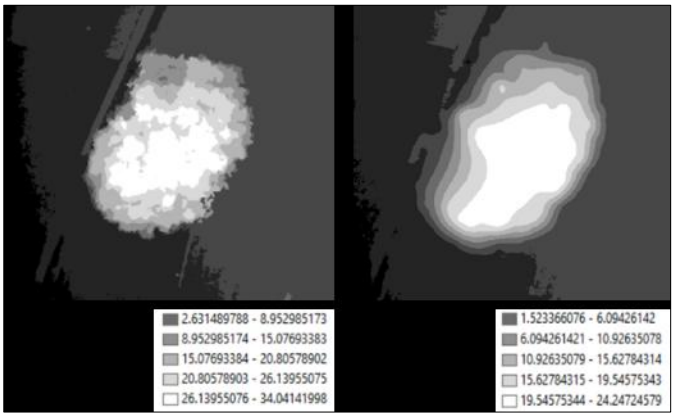
$$MAE = \frac{\left|\sum_{i=1}^{n}(Z_{DSM_i} - Z_{DTM_i})\right|}{n} \quad (2)$$

Dimana *n* merupakan titik pengamatan (sampel), Z_{DSM} merupakan titik pengamatan pada data *Digital Surface Model* sebelum dilakukan koreksi permukaan, dan Z_{DTM} merupakan titik pengamatan pada data *Digital Terrain Model* sesudah koreksi permukaan.

3. Hasil dan Pembahasan

Uji akurasi dilakukan pada gumuk dari data UAV berupa uji akurasi RMSE dan MAE untuk melihat tingkat akurasi yang didapatkan dari pengolahan DSM dan DTM dari data UAV gumuk. Penelitian ini membandingkan elevasi titik-titik sampel yang tercatat pada *Digital Surface Model* (DSM) dengan yang terdapat pada *Digital Terrain Model* (DTM). Data elevasi dari DTM dianggap sebagai nilai ketinggian sebenarnya karena merepresentasikan permukaan tanah tanpa penutup *(bare earth)*, sedangkan selisih antara elevasi DSM dan DTM dianggap sebagai kesalahan elevasi (Susetyo dkk, 2015). Hasil uji akurasi disesuaikan dengan keadaan morfologi gumuk berupa slope untuk megidentifikasi keberadaan gumuk yang ada pada zona distal.

Hasil yang didaptkan untuk nilai akurasi berdasarkan RMSE dan MAE yaitu 5.669 dan 4.947. Percobaan uji akurasi ini dilakukan dengan cara melakukan klasifikasi ketinggian berdasarkan rona atau warna yang ditampilkan dari data DSM dan DTM yang diklasifikasikan sebanyak 5 kelas (Gambar 5). Hal tersebut untuk melihat perubahan ketinggian yang terjadi sebelum dan sesudah dilakukan koreksi. Hasil RMSE dan MAE menunjukkan bahwa penggunaan RMSE dan MAE memberikan evaluasi yang baik terhadap peningkatan akurasi yang dihasilkan. Semakin kecil nilai RMSE dan MAE menunjukkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam pemodelan digital terrain (DTM). Ini berarti perbedaan antara nilai yang diprediksi dan nilai sebenarnya semakin kecil (Ismail et al, 2015).



Gambar 5. Klasifikasi ketinggian berdasarkan rona pada data *UAV Photogrammetry* (sebalah kiri DSM dan sebelah kanan DTM)

Hasil perbandingan antara ketinggian pada data DSM (H_{DSM}) dan ketinggian pada data DTM (H_{DTM}) gumuk di sajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan DSM, DTM dan Slope serta hasil uji akurasi RMSE dan MAE

Slope (%)	H_{DSM} (m)	H_{DTM} (m)	RMSE	MAE
3	2.631	1.523	0.452	0.185
15	8.953	6.094	1.167	0.476
15	15.077	10.926	1.694	0.692
30	20.806	15.628	2.114	0.863
45	26.140	19.546	2.692	1.099
45	34.041	24.247	3.998	1.632
			5.669	4.947

4. Kesimpulan

Pemanfaat teknologi untuk mendapatkan data dengan cara yang efisien dan ekonomis dengan skala area yang luas memungkin untuk menghasilkan data yang akurat. Hasil data *Digital Surface Model* (DSM) yang di konversikan ke data *Digital Terrain Model* (DTM) menjadi fokus dalam penelitian ini untuk melihat ketinggian dari gumuk yang berada pada zona distal longsoran purba gunung Raung. Pembuktian akurasi pengambilan data dilakukan dengan melakukan uji akurasi data UAV gumuk gunung Raung menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) pada titik – titik dengan slope yang berbeda di area gumuk. Tabel 2 menunjukkan perbedaan yang tinggi antara data DSM yang di didapatkan dengan data DTM yang dikonversikan. Hasil uji akurasi memperlihatkan bahwa DTM yang telah dikonversikan memiliki akurasi yang baik dan menunjukkan ketinggian gumuk yang sebenarnya.

Referensi

Aicardi I., Boccardo P., Chiabrando F., Facello A., Gnavi L., Lingua A., Pasquale F., Maschio P., Spanò A., 2014, A didactic project for landscape heritage mapping in post disaster management., in Applied Geomatics.

B. Höfle, L. Griesbaum, M. Forbriger, 2013. GIS-Based Detection of Gullies in Terres-trial LiDAR Data of the Cerro Llamoca Peatland (Peru), Remote Sensing, 5, 5851-5870.

Botequilha-Leitão, A., Ahern, J., 2002, Applying landscape concepts and metrics in sustainable landscape planning. Landscape and Urban Planning, 59.

Haala, N. & Cavegn, S. (2016). High Density Aerial Image Matching: State-of-The - Art and Future Prospect. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B4, 625–630.

Hayakawa, Y. S., Yoshida, H., Obanawa, H., Naruhashi, R., Okumura, K., Zaiki, M., & Kontani, R. (2018). Characteristics of debris avalanche deposits inferred from source volume estimate and hummock morphology around Mt. Erciyes, central Turkey. Natural Hazards and Earth System Sciences, 18(2), 429-444.

Hematang, F., Murdjoko, A., Hendri, H., & Tokede, M., (2022). Application of Un-manned Aerial Vehicle (UAV) For Estimation of Tree Height in Heterogeneous Forest. Journal of Biology & Biology Education. Biosaintifika 14 (2) (2022): 168-179.

Ismail, Z., Rahman, M. Z. A., Salleh, M. R. M., & Busu, I., (2015). An improved pro-gressive morphological filtering algorithm based on spatially-distributed slope val-ue over tropical vegetated regions. Jurnal Teknologi, 77:26 (2015) 87–93.

N. Pfeifer et all. 2008. DSM / DTM Filtering, International School on Lidar Technology 2008 IIT Kanpur, India (from: http://www.iitk.ac.in/).

Neumann van Padang, M. (1939). Uber die vielen tausend Hugel im westlichen Vorlande des Ra-oeng-Vulkans (Ost Java): De Ingenieur in Nederlandsch-Indie, 6(4), 35-41.

R. Perko, H. Raggam, KH. Gutjahr, M. Schardt, 2015. Advanced DTM generation from very high-resolution satellite stereo images, ISPRS Annals, Volume II-3/W4.

Siebert, L. (2002). Landslides resulting from structural failure of volcanoes, GSA Reviews in Engineering Geology. https://doi.org/10.1130/REG15-p209.

Sutanto, S. L., & Ridwan, B. W., (2016). Teknologi Drone Untuk Pembuatan Peta Kontur: Studi Kasus Pada Kawasan P3son Hambalang. Teknologi Drone Untuk Pembuatan Peta Kontur. Jurnal Teknik Hidraulik, Vol.7 No.2, Desember 2016: 179-194.

Susetyo, D. B., & Perdana, A. P., (2015). Uji Ketelitian Digital Surface Model (DSM) sebagai Data Dasar dalam Pembentukan Kontur Peta Rupabumi Indonesia (RBI). In Simposium Nasional Teknik Geomatika-Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.