

ARTIKEL PENELITIAN

**PEMETAAN PARTISIPATIF TIGA DIMENSI UNTUK POTENSI BAHAYA DI KAWASAN GUNUNG API PURBA (GAP) NGLANGGERAN DAN MITIGASINYA
(THREE DIMENSIONAL PARTICIPATORY MAPPING FOR POTENTIAL HAZARD IN NGLANGGERAN ANCIENT VOLCANO AND IT'S MITIGATION)**

Dewanto Yusuf Priyambodo¹, Fitria Nuraini Sekarsih², Ali Mustopa³

¹Departemen Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

²Fakultas Sains dan Teknologi Universitas AMIKOM Yogyakarta, Indonesia

³Fakultas Ilmu Komputer Universitas AMIKOM Yogyakarta, Indonesia

Email Korespondensi : sekarsih.fitria@amikom.ac.id

ABSTRAK

Manajemen bencana merupakan tahapan awal yang penting dalam operasi *Disaster Victim Identification* (DVI) dan mitigasi bencana. Pemetaan lokasi bencana yang baik dapat membantu penemuan dan penyelamatan korban serta memperlancar prosedur DVI. Peta tiga dimensi (3D) adalah sarana yang paling memungkinkan untuk membuat acuan lokasi yang akurat. Data untuk membuat pemetaan 3D ini adalah foto udara bertampalan dengan menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) atau lebih dikenal dengan drone. Hasil pemetaan 3D ini kemudian digunakan sebagai alat pemetaan partisipatif. Pemetaan partisipatif ini difokuskan untuk menandai daerah berbahaya dan mitigasinya untuk pertolongan pertama pada korban bencana. Hasilnya adalah peta partisipatif yang memberikan informasi potensi bahaya, pengaman yang hendaknya dipasang di lokasi berbahaya, alat yang wajib dibawa pengunjung, papan peringatan, alat pertolongan pertama yang wajib ada di lokasi, dan pertolongan apa saja yang dapat dilakukan.

Kata kunci : DVI, gunung api purba, mitigasi, partisipatif, pemetaan 3D

ABSTRACT

Disaster management is an important step in DVI operations and disaster mitigation. Good mapping of disaster locations can help to find and to rescue the victims and expedite for Disaster Victim Identification (DVI) procedures. Three-dimensional (3D) maps are the most popular tool to create accurate location references. The data to create this 3D mapping is overlapping aerial photos using a UAV (Unmanned Aerial Vehicle) or called a drone. The results of this 3D mapping are then used as a participatory mapping tool. This participatory mapping is focused on marking dangerous areas and mitigating them for first aid for disaster victims. The results of this participatory mapping are provides information on potential dangerous area, safeguards that should be installed in dangerous locations, tools that visitors

must bring, warning boards, first aid equipment that must be at the location, and what help can be done.

Keyword : 3D mapping, ancien volcanoe, DVI, mitigation, participatory

PENDAHULUAN

Gunung Api Purba (GAP) Nglanggeran merupakan salah satu tujuan wisata populer di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kawasan wisata ini masuk dalam UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) *Global Geopark* pada 2015 dan termasuk dalam Desa Wisata terbaik versi *UN World Tourism Organization* (UNWTO) tahun 2021. Kawasan wisata ini merupakan objek wisata alam yang berupa peninggalan gunung api tersier dimasa lampau sehingga memiliki titik-titik berbahaya dan potensi bencana yang harus diwaspadai.¹⁻³ Kejadian bencana seringkali menimbulkan korban. Korban hidup maupun meninggal perlu dibawa ke fasilitas kesehatan terdekat agar mendapat penanganan segera maupun untuk identifikasi.⁴

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk memetakan area berbahaya di kawasan wisata GAP Nglanggeran adalah pemetaan partisipatif tiga dimensi (3D). Model 3D merupakan salah satu bagian dari seni grafis yang sekarang sangat dibutuhkan dari berbagai disiplin ilmu. Pendekatan ini memungkinkan masyarakat setempat dan

pengunjung dapat berpartisipasi dalam mengumpulkan data spasial, termasuk informasi tentang area-area yang berpotensi bahaya. Partisipasi pemetaan area berbahaya ini diharapkan akan lebih interaktif dilakukan melalui model 3D yang telah dibuat sebelumnya.^{1,5-7} Model 3D saat ini semakin luas digunakan dalam berbagai sektor.⁵ Pemetaan partisipatif 3D juga memungkinkan pembuatan model simulasi yang menyerupai kenyataan tentang potensi bencana alam di kawasan wisata GAP Nglanggeran.

Fagerholm, *et al* menyatakan bahwa pemetaan partisipatif ini berguna untuk Identifikasi bentang alam, ekosistem, kualitas lingkungan, masalah yang dirasakan atau pengalaman yang tidak menyenangkan; serta menganalisis perilaku spasial orang, seperti pola mobilitas, rute yang ditempuh, atau tempat yang dikunjungi.^{8,9}

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama yaitu pembuatan model 3D kawasan wisata GAP dan tahap kedua adalah partisipasi masyarakat untuk memetakan potensi bahaya di lokasi ini.

a) Pembuatan model 3D

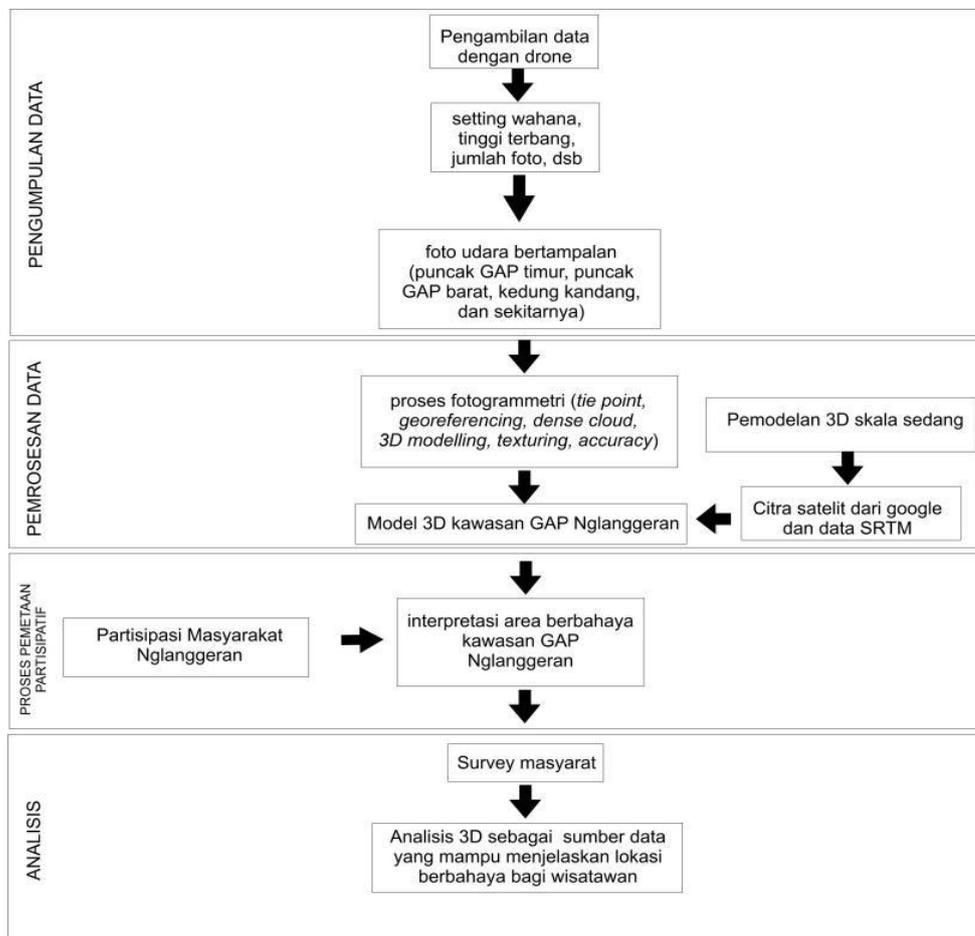
Model 3D di kawasan GAP Nglanggeran dibuat dalam dua versi yaitu skala sedang dan skala detil. Untuk model 3D skala sedang digunakan citra satelit dari google dan data SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) untuk ketinggian lokasi. Sedangkan skala detil digunakan drone DJI Mavic Pro 2 dan aplikasi 3D Pilot Survey untuk pembuatan jalur terbangnya.

b) Partisipasi masyarakat untuk area berbahaya

Sebanyak 20 masyarakat diundang untuk berpartisipasi melakukan identifikasi

lokasi berbahaya yang didasarkan pada beberapa aspek seperti kondisi tebing yang curam sehingga rawan longsor, beberapa tanjakan yang belum memiliki anak tangga (masih batuan polos) yang licin, beberapa lorong yang terhubung dengan tangga kayu /besi, kawasan semak belukar yang dengan berbagai macam hewan berbisa (ular, klabang, kalajengking, dsb), dan terakhir adalah area spot foto yang belum ada pengaman.^{10,11}

Secara umum, metode penelitian disajikan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Pembuatan model 3D Skala Sedang

Pembuatan model 3D untuk kawasan wisata GAP Nglanggeran menggunakan *software Blender 3.1.2*.^{5,7,12} *Software* ini memiliki kelebihan berupa tambahan plugin *Geographic Information System (GIS)* untuk memanipulasi data spasial.¹²

Data utama yang diakses melalui penambahan fitur GIS Blender ini adalah data topografi. Mulai tahun 2022, penyedia data topografi mewajibkan penggunaanya mendaftar terlebih dahulu untuk mendapatkan kode unik berupa API (*Application Programming Interface*) Key. API key sendiri merupakan suatu kode

akses unik yang diberikan oleh pihak penyedia layanan API untuk mengidentifikasi dan mengotentikasi pengguna API.^{13,14} Penggunaan API key untuk GIS Blender dapat diterapkan ketika ada integrasi dengan layanan API dari pihak ketiga seperti Google Maps API dan OpenStreetMap API.¹³

Dalam pemodelan ini, citra SRTM yang dipilih adalah resolusi 30 m untuk pemetaan 3D skala sedang. Gambar 2 merupakan hasil model 3D yang dibuat dengan menggunakan data satelit dari google map dan data ketinggian dari citra SRTM. Citra SRTM merupakan satelit yang diluncurkan oleh *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* pada bulan Februari 2000.¹³



Gambar 2 Atas: Model 3D yang dibuat dengan menggunakan data satelit dari google map, Bawah: Data ketinggian dari citra SRTM.

b) Pembuatan Model 3D Skala Detil

Pemetaan selanjutnya adalah pemetaan skala detil. Pemetaan 3D dengan *drone* adalah salah satu teknologi terbaru dalam bidang pemetaan dan survei. Teknologi ini memanfaatkan pesawat tanpa awak untuk mengumpulkan data geospasial dari suatu wilayah atau objek tertentu

dengan akurasi dan resolusi yang tinggi. Data yang dikumpulkan oleh *drone* kemudian diolah dan dianalisis untuk menghasilkan peta 3D yang detail dan presisi. Pemetaan tematik dengan sangat citra satelit resolusi tinggi (0,5–0,3 cm) dapat dilakukan dengan mudah dan hasilnya optimal.¹⁴

Pemetaan 3D dengan *drone* memiliki banyak keuntungan dibandingkan metode pemetaan konvensional, seperti cepatnya waktu pemetaan, efisiensi biaya yang lebih tinggi, dan hasil yang lebih akurat. Selain itu, *drone* juga dapat mencapai wilayah yang sulit dijangkau oleh manusia, seperti daerah berbahaya atau terpencil. Menurut Pytharouli dkk¹⁵, *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) adalah alat dan karenanya harus digunakan untuk aplikasi yang tepat untuk pemetaan/pemantauan area kecil, yaitu kurang dari 10.000 m² (1 Hektar). Orthophotos dihasilkan dari banyak foto menunjukkan potensi untuk mendapatkan

informasi rinci dari sebuah lanskap dengan resolusi tanah sekitar 0,05 m yang jauh lebih tinggi dari resolusi citra satelit saat ini.¹⁴

Data utama dalam pemetaan 3D ini adalah foto udara. Dalam pemetaan 3D *drone* dilengkapi dengan kamera dan sensor yang mampu mengumpulkan data dalam berbagai format, seperti citra, video, dan data laser.¹⁵ Data yang terkumpul kemudian diolah dengan software pemetaan khusus untuk menghasilkan peta 3D yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi. Gambar 2 merupakan hasil pengolahan data 3D dari drone.¹⁰



Gambar 3 Hasil pengolahan data 3D dari foto udara bertampalan. (a) GAP Nglanggeran; (b) Air Terjun Kedung Kandang.

Syarat suatu foto dapat dimodelkan dalam bentuk 3D adalah foto tersebut bertampalan minimal 60 % dan side lap kurang lebih 20%.¹⁷ Dalam praktiknya, untuk UAV, nilai tumpang tindih yang lebih tinggi, akan meminimalkan kemungkinan celah di orthomosaic dan dianjurkan.¹⁵ Pada dasarnya, metode foto udara bertampalan memanfaatkan prinsip triangulasi, yaitu

memperkirakan posisi tiga titik untuk memperoleh informasi lengkap tentang suatu obyek.¹⁶

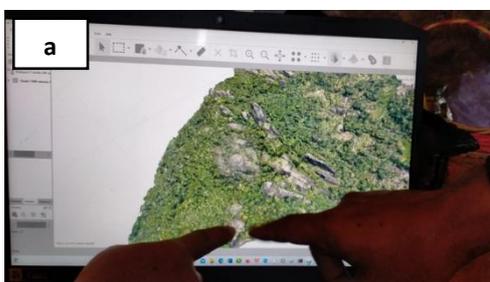
Setelah gambar udara terkumpul, langkah selanjutnya adalah memproses gambar tersebut dengan perangkat lunak pemetaan khusus yaitu *AgisoftMetashape*. Software ini akan mengenali titik-titik yang sama (XYZ dan RGB) pada gambar-

gambar tersebut, sehingga dapat menentukan jarak antara objek dan kamera dengan menggunakan prinsip trigonometri. Keuntungan dari metode foto udara bertampalan adalah kemampuannya untuk mengambil gambar udara yang akurat dan detail serta waktu yang relatif cepat.^{10,11}

c) Pemetaan Partisipatif 3D untuk Lokasi Bahaya Kawasan GAP Nglanggeran

Pemetaan partisipatif 3D merupakan salah satu bagian dari *Participatory GIS* (PPGIS, 2023). Dalam pemetaan partisipatif ini, alat yang digunakan adalah model 3D kawasan GAP Nglanggeran. PGIS sendiri dapat juga menggunakan alat lain seperti sketsa, foto udara, citra satelit, *Global Position System* (GPS) dan SIG (Sistem Informasi Geografi), serta peta 2D lainnya.^{9,17,18} Pemetaan 3D adalah suatu pendekatan dalam pemetaan yang

melibatkan partisipasi aktif dari masyarakat atau pengguna di wilayah yang dipetakan. Pemetaan 3D kini telah menjadi bentuk luas yang memungkinkan masyarakat lokal untuk membuat peta dan model mereka sendiri, dan menggunakannya untuk penelitian, analisis, penegasan hak dan penyelesaian konflik mereka sendiri atas lahan.¹⁷ Dalam pemetaan partisipatif, masyarakat atau pengguna diharapkan untuk ikut serta dalam proses pemetaan, mulai dari pengumpulan data hingga pengambilan keputusan mengenai pemanfaatan hasil pemetaan tersebut. Pemetaan partisipatif diharapkan merefleksikan suara masyarakat. Informasi pada Gambar 4 merupakan proses identifikasi area berbahaya dan mitigasinya dengan model 3D yang telah dibuat.¹⁷



Gambar 4 Pemetaan partisipatif 3D dalam kelompok kecil untuk penentuan lokasi berbahaya dan mitigasinya. (a) Identifikasi area berbahaya melalui visualisasi 3D langsung pada layar monitor; (b) Identifikasi area berbahaya melalui visualisasi 3D langsung pada media cetak.

Pemetaan partisipatif 3D ini sangat efektif karena memudahkan pengelola lokal untuk identifikasi area berbahaya. Selain

itu, pemetaan ini juga menjaring proses mitigasi yang seharusnya dilakukan untuk meminimalkan kecelakaan yang mungkin

terjadi. Hasil lain yang diperoleh dari pemetaan ini adalah adanya nama lokal yang diberikan warga pada titik tertentu dengan ciri yang unik di kawasan GAP Nglanggeran. Nama yang kami temui diantaranya adalah Gunung Kelir, Sumber Air Comberan, Lorong Sumpitan, Song Gudel, Gunung Bongos, Gunung Gedhe,

Gunung Blencong, Gunung Limajari, Gunung Buchu, Gunung Sikut, Kedung Kandang, dan Puncak Ngekong.

Hasil analisis pemetaan partisipatif untuk identifikasi area berbahaya di kawasan GAP Nglanggeran disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1 Analisis lokasi berbahaya di kawasan GAP Nglanggeran

No	Nama lokasi	Potensi Bahaya	Kondisi Saat ini	Mitigasi
1	Singkapan batuan Ngoro-ngoro	Rockfall (longsoran batu)	Musim hujan membuat air menggerus batuan sehingga sangat rawan dengan runtuh batu (rock fall). Belum ada rambu-rambu rawan longsor.	Perlu adanya rambu-rambu bahaya rawan longsor.
2	Jalan Sembada Handayani	Kecelakaan	Anak muda banyak yang menggunakan badan jalan untuk membuat konten, foto-foto, nongkrong, dan berjualan.	Perlu adanya edukasi untuk anak-anak muda dalam pembuatan konten sehat.
3	Lorong Sumpitan 1	Pengunjung sesak nafas, tergores batuan, terkilir, digigit hewan berbisa, tergelincir/terpeleset.	Jalanan sempit, menanjak, dan agak gelap dengan lebar kurang dari 1 m. Kondisi tangga masih sederhana dan tidak ada pengaman. Sinyal pemancar seluler lemah sehingga pengunjung tidak bisa meminta pertolongan lewat HP ketika terjadi kecelakaan.	Perlu adanya perbaikan tangga bagi pengunjung. Pengunjung hendaknya dilengkapi dengan peluit yang dapat dibunyikan ketika dalam kondisi berbahaya.
4	Lokasi panjat tebing	Terjatuh, terpeleset, sesak nafas, tergores, digigit hewan berbisa, longsoran batuan dari atas.	Banyak mapala yang melakukan kegiatan panjat tebing di lokasi ini. Sinyal pemancar seluler lemah sehingga pengunjung tidak bisa meminta pertolongan lewat HP ketika terjadi kecelakaan. GAP Nglanggeran sudah dipersiapkan untuk	GAP Nglanggeran belum memiliki kendaraan (fasilitas kendaraan pengangkutan) untuk korban cedera ke faskes terdekat. Perlu adanya fasilitas kendaraan untuk pengangkutan korban.

No	Nama lokasi	Potensi Bahaya	Kondisi Saat ini	Mitigasi
			penanganan korban jatuh dengah berbagai kondisi baik dari segi fasilitas maupun SDM.	Pengunjung hendaknya dilengkapi dengan peluit yang dapat dibunyikan ketika dalam kondisi berbahaya.
5	Pos 1 (Gardu Pandang 1)	Terjatuh, terpeleset, terkilir, digigit hewan berbisa, sesak nafas	Sinyal pemancar seluler lemah sehingga pengunjung tidak bisa meminta pertolongan lewat HP ketika terjadi kecelakaan. GAP Nglanggeran sudah dipersiapkan untuk penanganan korban jatuh dengah berbagai kondisi baik dari segi fasilitas maupun SDM.	Pengunjung hendaknya dilengkapi dengan peluit yang dapat dibunyikan ketika dalam kondisi berbahaya. Perlu adanya pemberian batas area berbahaya yang mencegah pengunjung untuk ber swa foto terlalu ke pinggir tebing.
6	Lorong Sumpitan 2	Pengunjung sesak nafas, tergores batuan, terkilir, digigit hewan berbisa, tergelincir/terpeleset.	Jalanan sempit, menanjak, dan agak gelap dengan lebar kurang dari 1 m. Kondisi tangga masih sederhana dan tidak ada pengaman.	Perlu adanya perbaikan tangga bagi pengunjung. Pengunjung hendaknya dilengkapi dengan peluit yang dapat dibunyikan ketika dalam kondisi berbahaya.
7	Gardu pandang 2	Terjatuh, terpeleset, terkilir, digigit hewan berbisa, sesak nafas	Sinyal pemancar seluler lemah sehingga pengunjung tidak bisa meminta pertolongan lewat HP ketika terjadi kecelakaan. GAP Nglanggeran sudah dipersiapkan untuk penanganan korban jatuh dengah berbagai kondisi baik dari segi fasilitas maupun SDM.	Pengunjung hendaknya dilengkapi dengan peluit yang dapat dibunyikan ketika dalam kondisi berbahaya. Perlu adanya pemberian batas area berbahaya yang mencegah pengunjung untuk ber swa foto terlalu ke pinggir tebing.
8	Puncak GAP	Terjatuh, terpeleset, terkilir, digigit	Sinyal pemancar seluler lemah sehingga pengunjung tidak bisa meminta	Pengunjung hendaknya dilengkapi dengan

No	Nama lokasi	Potensi Bahaya	Kondisi Saat ini	Mitigasi
		hewan berbisa, sesak nafas	pertolongan lewat HP ketika terjadi kecelakaan. GAP Nglanggeran sudah dipersiapkan untuk penanganan korban jatuh dengah berbagai kondisi baik dari segi fasilitas maupun SDM	peluit yang dapat dibunyikan ketika dalam kondisi berbahaya. Perlu adanya pemberian batas area berbahaya yang mencegah pengunjung untuk ber swa foto terlalu ke pinggir tebing. Perlunya pengadaan pelampung.
9	Embung Nglanggeran	Terpeleset, tenggelam, terkilir.	GAP Nglanggeran belum memiliki pelampung. Sudah pernah dilakukan penanganan korban tenggelam.	Perlu adanya CCTV untuk memantau keamanan embung
10	Air terjun Kedung Kandang	Terjatuh, terpeleset, terkilir, digigit hewan berbisa, sesak nafas	Jalanan sempit, lebar kurang dari 1 m. Kondisi tangga masih sederhana dan tidak ada pengaman. Sinyal pemancar seluler lemah sehingga pengunjung tidak bisa meminta pertolongan lewat HP ketika terjadi kecelakaan.	Pengunjung hendaknya dilengkapi dengan peluit yang dapat dibunyikan ketika dalam kondisi berbahaya.

Berikut adalah beberapa kelebihan dari pemetaan partisipatif di kawasan GAP Nglanggeran:

1. Melibatkan masyarakat kawasan GAP Nglanggeran khususnya Pokdarwis dalam mengidentifikasi area berbahaya. Masyarakat diberikan kesempatan untuk melihat detail model 3D kawasan GAP Nglanggeran dan menuliskan informasi pada peta dan sketsa yang telah disediakan.
2. Menghasilkan data yang lebih akurat. Partisipasi aktif masyarakat dalam proses pemetaan membuat data yang
3. Meningkatkan keterlibatan dan rasa kepemilikan masyarakat dalam pengelolaan Kawasan GAP Nglanggeran.
4. Mempercepat proses pemetaan.
5. Lebih memperhatikan kepentingan masyarakat. Dalam pemetaan partisipatif, kepentingan masyarakat

menjadi fokus utama dalam proses pemetaan. sehingga hasil pemetaan akan lebih bermanfaat bagi masyarakat.¹⁸

a) **Kegiatan Mitigasi**

Mitigasi bencana adalah upaya-upaya untuk mengurangi risiko dan kerugian yang disebabkan oleh bencana alam atau bencana buatan manusia. Mitigasi bencana dapat dilakukan sebelum, selama, atau setelah bencana terjadi. Tujuannya adalah untuk mengurangi dampak negatif bencana pada kehidupan manusia dan lingkungan serta mempercepat pemulihan setelah bencana terjadi.¹

Tindakan mitigasi bencana di kawasan wisata dapat dilakukan dengan hal-hal berikut :

1. Identifikasi potensi bencana, contohnya, jika kawasan wisata berada di daerah yang rawan bencana banjir atau gempa bumi, maka perlu dilakukan penanganan khusus terkait dengan potensi bencana tersebut.
2. Penyusunan rencana tanggap darurat yang jelas dan terstruktur. Rencana ini meliputi tindakan evakuasi, penanganan korban, dan upaya pemulihan kawasan wisata setelah terjadinya bencana.

3. Pelatihan dan simulasi: Dilakukan untuk meningkatkan kesiapan dan pengetahuan para petugas dan staf di kawasan wisata. Pelatihan ini mencakup bagaimana melakukan evakuasi, memberikan pertolongan pertama pada korban, dan mengoperasikan peralatan tanggap darurat. Pelatihan Penyuluhan dan bantuan hidup dasar dan transportasi korban cedera memiliki dampak bermakna untuk peningkatan pengetahuan anggota pokdarwis.^{1,19} Gambar 5 menunjukkan simulasi pertolongan pertama saat evakuasi korban.

Diharapkan kegiatan mitigasi ini dapat berkelanjutan. Kegiatan mitigasi di kawasan GAP Nglanggeran ini yang belum dapat dilakukan diantaranya adalah :

1. Pemasangan alat deteksi dan peringatan dini seperti sirene, pengeras suara, atau perangkat lain yang dapat memberi peringatan melalui aplikasi di ponsel yang membantu wisatawan meminta pertolongan selama pendakian.
2. Pemasangan beberapa pengamanan seperti pagar di beberapa *spot* foto dan tali tambang di sekitar lokasi pendakian yang licin.



Gambar 5 Simulasi pertolongan pertama korban.

KESIMPULAN

Pemetaan 3D yang detail dapat membantu operasi DVI. Pembuatan peta 3D perlu melibatkan alat yang memadai seperti pesawat tanpa awak (drone) dan didukung oleh partisipasi masyarakat. Proses pemetaan sebaiknya ditambah dengan program mitigasi masyarakat setempat, dalam hal ini adalah pengurus Pokdarwis Desa Wisata dan GAP Nglanggeran.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam artikel ilmiah yang ditulis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Mahasiswa AMIKOM yang membantu teknis pelaksanaan pemetaan 3D, AMIKOM Yogyakarta yang mendukung penelitian ini dengan bantuan alatnya, serta Pak Mursidi, Mas Triyana, dan seluruh kru Pokdarwis GAP Nglanggeran.

DAFTAR PUSTAKA

1. Beirman D. The integration of emergency management and tourism. *The Australian Journal of Emergency Management*. 2011 Jul;26:30–4.
2. Lee S, Har D, Kum D. Drone-Assisted Disaster Management: Finding Victims via Infrared Camera and Lidar Sensor Fusion. 2011.
3. Priyambodo DY, Suriyanto RA, Artanti MST, Basworo W, Prasamya E, Sekarsih FN. Pelatihan Bantuan Hidup Dasar (BHD) Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis) di Desa Wisata Nglanggeran [Internet]. Vol. 3. 2023. Available from: <https://merahputih.com/post/read/desa-ngelanggeran-raih-predikat-desa-wisata-terbaik-dunia-2021>
4. INTERPOL. Disaster victim identification guide [Internet]. 2018 [cited 2023 May 25]. Available from: <https://www.interpol.int/How-we-work/Forensics/Disaster-Victim-Identification-DVI>
5. Minnegalieva CB, Gabdrakhmanov RI, Khambelov AI, Khairullina LE, MK | Edisi PIT | FK UNJANI

- Bronskaya V V., Kharitonova OS. 3D modeling in the study of the basics of computer graphics. In: Journal of Physics: Conference Series. Institute of Physics Publishing; 2020.
6. Ghani DA, Supian MN Bin, Abdul 'Alim LZ Bin. The research of 3D modeling between visual & creativity. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019 Sep 1;8(11 Special issue 2):180–6.
 7. Lyu M, Zhao Y, Huang C, Huang H. Unmanned Aerial Vehicles for Search and Rescue: A Survey. *Remote Sens (Basel)*. 2023 Jun 25;15(13):3266.
 8. Brown G, Fagerholm N. Empirical PPGIS/PGIS mapping of ecosystem services: A review and evaluation. *Ecosyst Serv*. 2015 Jun 1;13:119–33.
 9. Fagerholm N, Raymond CM, Olafsson AS, Brown G, Rinne T, Hasanzadeh K, et al. A methodological framework for analysis of participatory mapping data in research, planning, and management. Vol. 35, *International Journal of Geographical Information Science*. Taylor and Francis Ltd.; 2021. p. 1848–75.
 10. Papadopoulou EE, Vasilakos C, Zouros N, Soulakellis N. DEM-based UAV flight planning for 3D mapping of geosites: The case of olympus tectonic window, Lesvos, Greece. *ISPRS Int J Geoinf*. 2021 Aug 1;10(8).
 11. Du Q, Li G, Zhou Y, Chen D, Chai M, Qi S, et al. Route Plans for UAV Aerial Surveys according to Different DEMs in Complex Mountainous Surroundings: A Case Study in the Zheduoshan Mountains, China. *Remote Sens (Basel)*. 2022 Oct 1;14(20).
 12. Hackl J. Impact of UAV photogrammetry on the flood simulation process of bridges in mountain regions Network analytic methods for complex systems View project Accident Prediction Modelling View project [Internet]. 2017. Available from: <https://www.blender.org/>
 13. Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global [Internet]. 2018 [cited 2023 Mar 9]. Available from: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1>
 14. Budiharto W, Irwansyah E, Suroso JS, Chowanda A, Ngarianto H, Gunawan AAS. Mapping and 3D modelling using quadrotor drone and GIS software. *J Big Data*. 2021 Dec 1;8(1).

15. Tziavou O, Pytharouli S, Souter J. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based mapping in engineering geological surveys: Considerations for optimum results. *Eng Geol.* 2018 Jan 8;232:12–21.
16. Hildmann H, Kovacs E. Review: Using unmanned aerial vehicles (uavs) as mobile sensing platforms (mmps) for disaster response, civil security and public safety. Vol. 3, *Drones*. MDPI AG; 2019. p. 1–26.
17. Laituri M, Luizza MW, Hoover JD, Allegratti AM. Questioning the practice of participation: Critical reflections on participatory mapping as a research tool. *Applied Geography.* 2023 Mar 1;152.
18. Rye SA, Kurniawan NI. Claiming indigenous rights through participatory mapping and the making of citizenship. *Polit Geogr.* 2017 Nov 1;61:148–59.
19. Sekarsih FN, Mustopa A. Implementasi wisata virtual di jalur pendakian Gunungapi Purba Nglanggeran, Kapanewon Patuk, Kabupaten Gunungkidul. *Majalah Geografi Indonesia.* 2022 Aug 30;36(2):158.