Jurnal Teknik Sumber Daya Air, Desember 2021, 1(2): **101-108**
Tersedia pada https://jtsda.hathi.id/index.php/jtsda/issue/view/2

ANALISIS PERUBAHAN DASAR SUNGAI AKIBAT PENAMBANGAN PASIR BERBASIS FOTOGRAMETRI

Paula Swastika

Direktorat Sungai dan Pantai, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air,
Kementerian PUPR, Jakarta
paulaswastika89@gmail.com

Pemasukan: 18 April 2021 Perbaikan: 22 Mei 2021 Diterima: 2 Juni 2021

Intisari

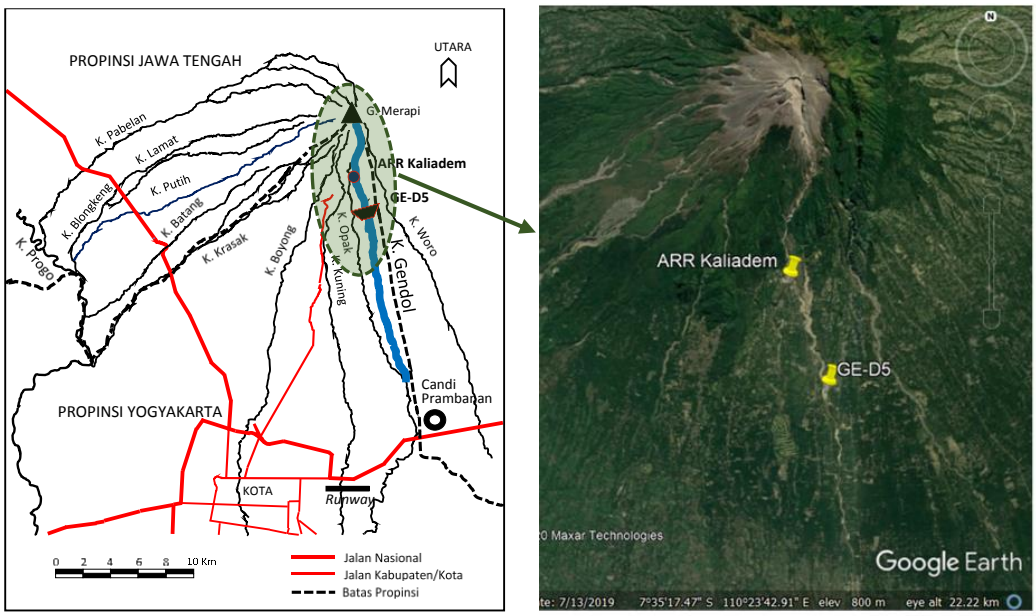
Kehadiran gunung api dengan aktivitas volkaniknya dapat memberikan pengaruh positip dan negatif pada kehidupan manusia. Lingkungan sekitar gunung api umumnya merupakan lahan yang subur dan udara yang sejuk dengan panorama yang indah. Namu pada sisi yang lain dimana aktivitas vulkanik sangat intensif kehadiran erupsi dapat mengkontribusi bencana dengan dampak negatif yang signifikan. Erupsi gunung api dapat mengeluarkan material berupa hujan abu, pasir dan kerikil juga menghasilkan lahar dan aliran piroklastik yang menimbulkan bencana alam, namun juga memberikan manfaat bagi kesuburan tanah dan material untuk bahan bangunan yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Erupsi G. Merapi yang terjadi pada tahun 2010 telah mengkontribusi material vulkanik sebanyak kurang lebih 140 juta m^3 yang tersebar di sungai-sungai di sekitarnya, termasuk Sungai Gendol. Penelitian ini berisi uraian tentang teknik pemantauan dan evaluasi perubahan dasar sungai akibat fenomena alam dan kegiatan penambangan pasir, khususnya pada ruas di sebelah hulu sabo dam GE-D5 sepanjang $\pm$ 1.849 km. Metode yang digunakan untuk menentukan variasi dasar sungai dan perubahan volume melalui teknik fotogrametri secara temporal dalam dua waktu pengambilan data melalui perangkat lunak Global Mapper v2.1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan dasar sungai pada ruas sungai yang ditinjau dari 23 Oktober 2019 sampai 22 Januari 2020 sebesar 1-20 m. Volume penambangan tanpa memperhitungkan pasokan dari hulu adalah sebesar 344.486 m^3, sedangkan volume penambangan dengan memperhitungkan pasokan dari hulu adalah sebesar 389.174 m^3, atau selish sebesar 11,48%. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa teknik pemantauan dan evaluasi dengan metoda fotogrametri sangat bermanfaat untuk membantu penyusunan rekomendasi terkait pengelolaan sedimen.

Kata Kunci : Sungai Gendol, pemetaan udara, drone, fotogrametri

Latar Belakang

Gunung Merapi merupakan salah satu gunung teraktif di Indonesia. Gunung Merapi terletak di perbatasan Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta serta merupakan titik temu perbatasan empat kabupaten yaitu Kabupaten Sleman, Kabupaten Magelang, Kabupaten Boyolali dan Kabupaten Klaten (Swastika, 2020). Erupsi Gunung Merapi mempunyai beberapa siklus, yaitu siklus kecil 2-3 tahun sekali dan siklus besar 10-15 tahun sekali. Erupsi terbesarnya pada tanggal 5

November 2010. Pada erupsi 2010 tersebut, dihasilkan 140 juta m^3 sedimen yang berada di puncak Merapi (DGWR, 2010). Endapan sedimen tersebut merupakan potensi yang dapat menyebabkan aliran lahar dingin Erupsi besar pada tahun 2010 tersebut mengeluarkan material dalam jumlah banyak, dengan berbagai bentuk, dari hujan abu sampai hujan pasir dan kerikil juga menghasilkan lahar serta aliran piroklastik yang menimbulkan bencana alam, namun juga memberikan manfaat bagi kesuburan tanah dan material untuk penambangan bahan galian golongan C. Bahan galian C adalah bahan galian yang tidak termasuk bahan galian golongan A (bahan galian strategis) dan bahan galian golongan B (bahan galian vital). Contoh bahan galian C adalah nitrat, fosfat, asbes, talk, grafit, pasir kuarsa, kaolin, feldspar, marmer, dan pasir (Bawias, 2012). Penambangan yang terjadi sejak erupsi Merapi tahun 2010 terjadi di sungai-sungai yang berhulu dari puncak G. Merapi, diantaranya adalah Sungai Pabelan, Blongkeng, Batang, Krasak, Boyong, Kuning, Opak, Gendol, dan Woro. Lokasi penelitian dalam kajian ini adalah ruas sungai Gendol di sebelah hulu bangunan GE-D5. Sistem sungai di wilayah G. Merapi serta lokasi Sungai Gendol termasuk bangunan pengendali sedimen GE-D5 dan stasiun curah hujan ARR Kaliadem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Sungai Gendol di wilayah G. Merapi

Metodologi

Fotogrametri adalah ilmu untuk memperoleh pengukuran yang terpercaya dari benda-benda di atas citra fotografik (Faturochman, 2018; Adani, 2019; Nex dkk., 2014; Remondino dkk., 2011). Pengambilan data primer meliputi pengambilan foto udara menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (*UAV*) Drone pada saat memasuki musim hujan 23 Oktober 2019 dan pada waktu musim hujan 22 Januari 2020. Data curah hujan harian maksimum sebagai dasar waktu pengambilan foto udara. Pengambilan data primer penambangan berupa survei dan wawancara dengan narasumber. Data hujan Daerah Aliran Sungai (DAS) digunakan untuk perhitungan

volume sedimen terangkut. Data sekunder penambangan diperoleh dari koperasi penambangan. Pengolahan dan analisis data topografi dengan teknik fotogrametri untuk mendapatkan variasi dasar sungai dan estimasi perubahan volume yang terjadi akibat penambangan pada bagian hulu sabo dam GE-D5 dianalisis tanpa memperhitungkan adanya pasokan sedimen dari hulu dan dengan memperhitungkan adanya pasokan sedimen dari hulu.

Alat penelitian yang digunakan *UAV* DJI Phantom 4 (Gambar 2). Akuisisi foto udara diolah menjadi *DE*M yang merepresentasikan kondisi sedimen. *UAV* DJI Phantom 4 menggunakan kamera 12 Megapixel dan lensa *FOV* (*Field of View*) 94020mm. Sebelum dilakukan pengambilan foto udara, ditentukan jalur penerbangan, kecepatan, dan ketinggian terbang (Ren dkk., 2019; Shikada dkk., 2000). Pembuatan jalur terbang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak autopilot. Selain perencanaan jalur terbang, juga dilakukan perencanaan lokasi *Ground Control Point* (GCP) untuk koreksi geometrik dan uji akurasi di sepanjang jalur terbang *UAV*. Penentuan letak *GCP* dilakukan di sepanjang jalur terbang berdasarkan kondisi medan pada lokasi-lokasi dengan perubahan yang minimal. Pada titik *GCP* dilakukan pengukuran koordinat dengan *Global Positioning System* (*GPS*) untuk mendapatkan akurasi tinggi koordinat geografis (posisi x, y, dan z). *GCP* diambil dengan *GPS* yang menggunakan sistem *GNSS* (*Global Navigation System Satelite*). Akurasi *GPS* tersebut ditingkatkan lagi dengan hasil ortorektifikasi dan georefensi pada 2 (dua) hasil gambar atau *DEM* untuk memastikan kedua *DEM* tersebut tepat bertampalan supaya mendapatkan estimasi selisih volume yang paling akurat. Proses pengolahan dan analisis data foto udara menggunakan laptop, perangkat lunak Agisoft Photoscan Pro 1.4 untuk pengolahan foto udara menjadi *DEM*, dan perangkat lunak Global Mapper v21.0 untuk pembuatan kontur dan penghitungan volume. Dua kegiatan utama yang dianggap esensial sebagai kebutuhan dasar untuk menggambarkan perubahan morfologi adalah penginderaan jauh dan pengolahan *DEM*. Kondisi topografi di dekat hulu GE-D5 pada tiga waktu pengamatan yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 3. Pemantauan lebih lanjut dinamika topografi dan potensi pemicu dilakukan pada dua waktu pengamatan yang berbeda, yaitu pada tanggal 23 Oktober 2019 dan 22 Januari 2020.

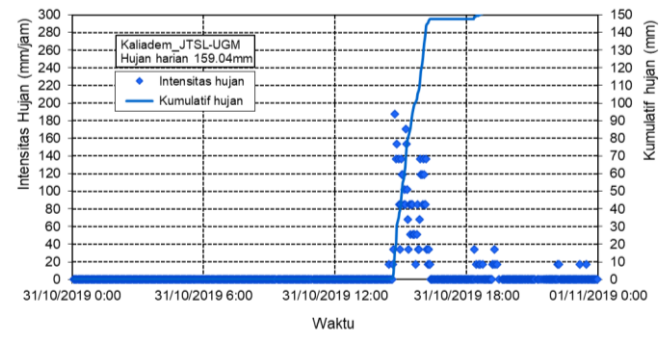
Gambar 2. *UAV* DJI Phantom 4 dan jalur penerbangan pemetaan udara

a). Sebelum erupsi 2006 b). Sesudah erupsi 2010 c). 23 October 2019

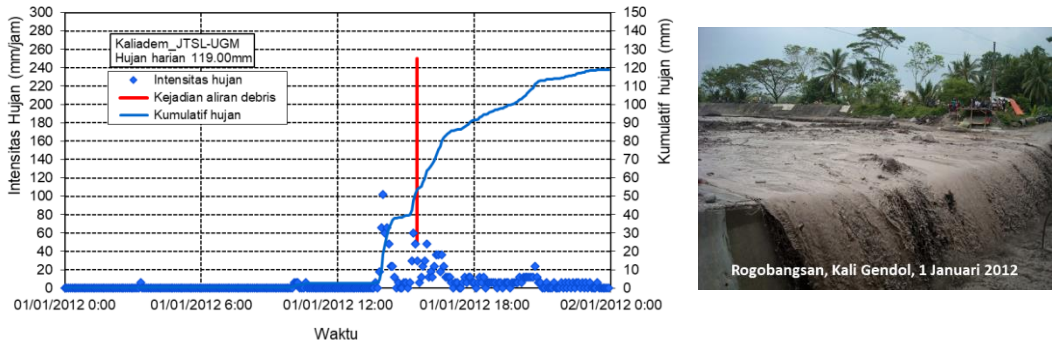
Gambar 3. Kondisi topografi di dekat hulu GE-D5

Hasil dan Pembahasan

Identifikasi perubahan kondisi topografi khususnya perubahan dasar sungai dapat digunakan untuk memperkirakan volume sedimen yang telah diambil oleh kegiatan penambangan pasir. Volume sedimen yang disuplai oleh aliran debris akibat curah hujan dianggap tidak signifikan karena tidak ada catatan kejadian aliran debris selama periode penelitian. Kejadian curah hujan yang terjadi selama periode 23 Oktober 2019 sampai dengan 22 Januari 2020 tidak signifikan untuk memicu terjadinya aliran debris, oleh karena itu tidak ada sedimen yang dipasok selama periode penelitian. Curah hujan harian selama bulan Oktober 2019 menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada tanggal 31 Oktober 2019, dengan distribusi intensitas hujan 2 menitan ditunjukkan pada Gambar 4. Perubahan kondisi topografi tersebut terutama disebabkan oleh aktivitas penambangan pasir. Kajian sebelumnya tentang berbagai kondisi curah hujan yang memicu terjadinya aliran debris di Sungai Gendol (Fibriyantoro, 2015) menunjukkan terjadinya aliran debris bahkan dengan intensitas curah hujan yang relatif rendah, yaitu 100 mm/jam dan akumulasi curah hujan harian sebesar 119 mm (lihat Gambar 5.a). Aliran debris terjadi pada tanggal 1 Januari 2012 pukul 15:30, terlihat di Jembatan Rogobangsan, (Gambar 5.b). Intensitas hujan selama perioda pengamatan ada yang lebih besar dari kejadian aliran debris tahun 2012, namun hal ini tidak menimbulkan aliran debris. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pemicu kejadian aliran debris tidak saja berupa hujan (intensitas tinggi dan durasi panjang), namun juga kondisi deposit (jumlah dan geometri). Pada tanggal 31 Oktober 2019 kondisi deposit menunjukkan jumlah yang relatif sedikit dan stabil (tidak mudah bergerak) dibanding kondisi 1 Januari 2012, sehingga tidak terjadi aliran debris.



Gambar 4. Hujan di Kaliadem 31 Oktober 2019 tidak menimbulkan aliran debris



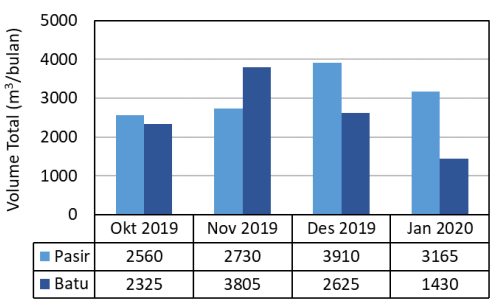
a). Kondisi hujan dan kejadian aliran debris b) Aliran debris (pukul 15:30)

Gambar 5. Hujan di Kaliadem 1 Januari 2012 yang menyebabkan aliran debris

Kegiatan penambangan sedimen di sepanjang Sungai Gendol merupakan usaha pertambangan yang paling aktif di Kabupaten Sleman. Penambangan tidak lagi menggunakan alat sederhana tetapi menggunakan alat mekanis (eskavator). Melalui pengamatan langsung di lapangan (titik pengamatan berada di antara dusun Kepuharjo dan Dusun Glagaharjo), dilakukan estimasi volume penambangan. Data lain (data sekunder) juga dikumpulkan dari catatan yang dibuat oleh penambang pasir itu sendiri. Data sekunder yang diperoleh selama 4 (empat) bulan, dari Oktober 2019 sampai Januari 2020 dan analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa kegiatan penambangan pasir masih sangat intensif, dengan jumlah total produksi pasir dan batu ditunjukkan pada Gambar 6. Terlihat dari Gambar 6 a) bahwa total pasir dan batu yang telah dikeluarkan dari kawasan hulu GE-D5 Kali Gendol adalah sekitar 22.550 m^3 dari Oktober 2019 sampai Januari 2020. Material pasir (54,83%) sedikit lebih tinggi dari bahan batu (45,27%), karena pasir lebih mudah dipasarkan daripada batu. Selain itu, penambangan pasir dan batu mingguan yang diperoleh dari data primer (pengamatan langsung) sedikit lebih tinggi daripada yang diperoleh dari laporan penambang pasir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 b). Teknik fotogrametri dengan pemanfaatan drone juga dilakukan untuk mengidentifikasi perubahan morfologi pada kondisi 23 Oktober 2019 hingga 22 Januari 2020. Hasil berupa *mozaik orthorectification* dengan lima penampang terpilih yang dilengkapi dengan panjang penampang melalui elevasi dasar sungai terendah disajikan pada Gambar 7.

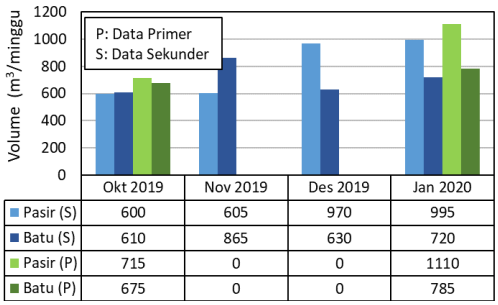
Morfologi sungai (khususnya berupa *plan view*) di dekat hulu GE-D5 tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Dari pengamatan lapangan diketahui bahwa posisi bantaran sungai sepanjang kurang lebih 1.600 m di hulu GE-D5 pada 22 Januari 2020 kondisinya masih sama seperti pada 23 Oktober 2019. Degradasi dasar sungai yang signifikan terjadi di ruas sungai sekitar 230 m dan 1.000 m di sebelah hulu GE-D5. Hal ini sesuai dengan yang yang sesungguhnya terjadi di lapangan di mana penambangan pasir berlangsung secara intensif di kedua area tersebut. Tingginya intensitas penambangan di kedua area tersebut terkait dengan kemudian akses armada/truk untuk masuk dan keluar area penambangan.

Erupsi Gunung Merapi tahun 2010 dengan skala *Volcanic Explosivity Index* (*VEI*) 4 berdampak pada beberapa aspek, salah satunya adalah perubahan morfologi sungai Kali Gendol (Dipayana, 2013).



	Okt 2019	Nov 2019	Des 2019	Jan 2020
Pasir	2560	2730	3910	3165
Batu	2325	3805	2625	1430

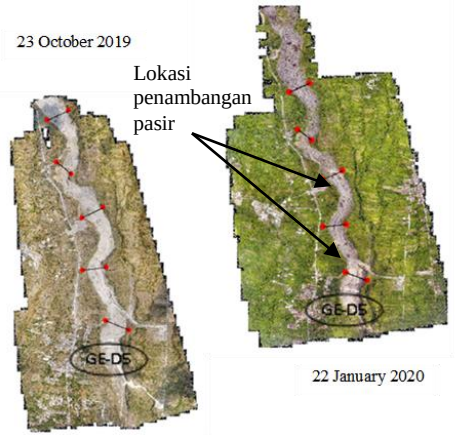
a). Volume bulanan



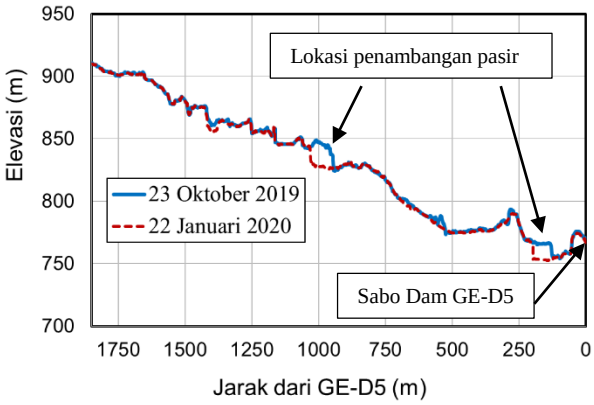
	Okt 2019	Nov 2019	Des 2019	Jan 2020
Pasir (S)	600	605	970	995
Batu (S)	610	865	630	720
Pasir (P)	715	0	0	1110
Batu (P)	675	0	0	785

b). Volume mingguan

Gambar 6. Volume penambangan pasir di sebelah hulu GE-D5 selama Oktober 2019 s/d Januari 2020



a). Foto udara pada dua kondisi



b). Tampang memanjang pada dua kondisi

Gambar 7. *Mozaic orthorectification* dan tampang memanjang dasar sungai di sebelah hulu GE-D5

Selama perioda musim hujan saat penelitian dilakukan tidak ada laporan kejadian aliran debris (dan aliran lava) selama Oktober 2019 hingga Januari 2020. Hal ini berarti tidak ada suplai sedimen dari hulu baik yang dipicu olehhujan lebat ataupun aktivitas vulkanik. Degradasi dasar sungai yang terjadi murni disebabkan dampak dari aktivitas penambangan pasir. Degradasi dasar sungai di hulu GE-D5 sangat bervariasi antara 5-10 m sepanjang 600 m sampai 1.600 m di hulu GE-D5. Pembentukan tampungan baru dari aktivitas penambangan pasir dianggap positif karena kemungkinan pasokan sedimen secara tiba-tiba dari hulu GE-D5 dapat ditahan sehingga mengurangi potensi kerusakan pada infrastruktur hilir. Volume tampungan baru tersebut di atas diperkirakan sekitar 37.500 m^3. Kegiatan penambangan pasir dapat menimbulkan masalah ketika jumlah yang diambil terlalu banyak yang berkontribusi terhadap potensi ketidakstabilan bagian bangunan GE-D5. Untuk menghindari ketidakstabilan struktur, area pada jarak minimal 500 m

dari hulu dan hilir GE-D5 harus dibiarkan bebas dari aktivitas penambangan pasir. Hal ini dimaksudkan agar bangunan sabo (termasuk GE-D5) terhindar dari kerusakan karena degradasi sungai berlebih akan menyebabkan gerusan lokal di sekitar bangunan yang diikuti dengan keruntuhan bangunan.

Kesimpulan dan Saran

Kegiatan penambangan pasir di hulu GE-D5 Sungai Gendol berlangsung secara intensif sehingga menyebabkan degradasi dasar sungai dengan derajat degradasi sungai sekitar 5-10 m antara 23 Oktober 2019 hingga 22 Januari 2020. Selama masa penyelidikan, tidak ada aliran debris di sungai, oleh karena itu, degradasi dasar sungai sebagian besar disebabkan oleh kegiatan penambangan sedimen. Tampungan di dekat hulu GE-D5 Sungai Gendol mengalami penurunan sebesar 37.500 m^3 selama periode permulaan 22 Oktober 2019 hingga 23 Januari 2020. Pada saat yang sama, aktivitas penambangan pasir telah mencapai sekitar 22.550 m^3. Kecuali jika ada aliran debris yang signifikan yang melewati GE-D5, perbedaan sekitar 14.950 m^3 mungkin disebabkan oleh perhitungan volume penambangan pasir yang terlalu rendah. Permasalahan ini sekaligus menunjukkan pentingnya perhatian dalam pengelolaan sedimen (termasuk pengendalian aliran debris) yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam upaya penyelenggaraan pengendalian daya rusak air secara terpadu dan berkelanjutan.

Pengkajian lebih lanjut baik perubahan topografi maupun volume penambangan pasir harus dilakukan secara terus menerus selama satu tahun meliputi musim kemarau dan musim hujan. Demikian pula, untuk mendapatkan perkiraan yang lebih akurat tentang keseimbangan sedimen, pemantauan aliran debris secara terus menerus di sepanjang sungai termasuk aliran debris melalui GE-D5 harus dilakukan. Selain itu, pemetaan udara dengan memanfaatkan teknologi fotogrametri sangat berguna untuk mengevaluasi kegiatan penambangan pasir secara cepat dan akurat.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Kantor Merapi, DAS Serayu-Opak, Kementerian PUPR atas penyediaan akses ke lapangan di sekitar GE-D5 yang sedang dalam rehabilitasi setelah kerusakan akibat erupsi G. Merapi 2010. Terima kasih kepada Hendy Fatchurohman, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada atas penyediaan fasilitas, termasuk *UAV* untuk melakukan pemetaan udara dan pengolahan fotogrametrinya.

Daftar Referensi

Adani, A. N., 2019. Pemanfaatan Metode Fotogrametri Dalam Pemetaan Geomorfologi Detail Untuk Memahami Dinamika Teras Sungai Progo di Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, DI. Yogyakarta, *Prosiding Seminar Nasional Kebumian*, 12, 1444–1455, Yogyakarta.

Bawias, Y. A., 2012. Effect of Sand Mining Activity on the Sediment Control System (a Case Study of Sombe-Lewara River, Donggala, Indonesia). *Journal of the Civil Engineering Forum*, 21(1). https://doi.org/10.22146/jcef.18941

Dipayana, G.A., Nugraha, H., Hatmoko, D.S., Wacano, D., Wahyu, A.D., & Cahyaningtyas, 2013. Estimation on River Morphology Changes after Eruption: Application of LIDAR and DEM Data Processing in Gendol River. *Seminar Nasional Pendayagunaan Informasi Geospasial untuk Optimasi Otonomi Daerah 2013*, Research Gate, https://www.researchgate.net/publication/283348017

Directorate General of Water Resources (DGWR), 2010. *Study Report for Institution and Community Development*. The Urgent Disaster Reduction Project for Mt. Merapi, Progo River Basin, Ministry of Public Works, Indonesia.

Fibriyantoro, E.A., 2015. Development of Warning Criteria for Lahar Flow Disaster. *Journal of the Civil Engineering Forum*. Vol. 1 No. 1 (January 2015), DOI: https://doi.org/10.22146/jcef.22726

Nex, F. & Remondino, F., 2014. UAV for 3D mapping application: a review. *Applied Geomatic*. Vol. 6: 1-15, https://link.springer.com/article/10.1007/s12518-013-0120-x

Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaion I, M. & Sarazzi, D., 2011. UAV Photogrammetry for Mapping and 3D Modeling (Current Status and Future Perspectives). *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVIII-1/C22, 2011, Zurich, Switzerland.

Ren, H., Zhao, Y., Xiao, W., & Hu, Z., 2019. A review of UAV monitoring in mining areas: current status and future perspectives, *International Journal of Coal Science Technology*, Vol. 6(3):320-333, http://doi.org/10.1007/s40789-019-00264-5

Shikada, M. & Yamashita, Y., 2000. Design and Simulation of Soil Saving Dams in the Mountainous Areas by Using GIS with Digital Elevation Map. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXIII, Part B7, Amsterdam, Netherland, 2000, https://www.isprs.org/proceedings/XXXIII/congress/part7/

Sutanto, S.J. & Ridwan, B.W., 2016. Teknologi Drone untuk Pembuatan Peta Kontur: Studi Kasus pada Kawasan P3SON Hambalang. *Jurnal Teknik Hidraulik*, Vol.7 No.2, 179-194, https://doi.org/10.32679/jth.v7i2.567

Swastika, P., 2020. Analisis Variasi Dasar Sungai Gendol Pada Hulu Sabo Dam GE-D5 dengan Teknik Fotogrametri: *Tesis* MTPBA, Universitas Gadjah Mada.