

Pendampingan *Drone Mapping* untuk Membantu Mitigasi Bahaya Banjir Rob di Kawasan Pesisir Kabupaten Tegal, Jawa Tengah

¹*Aditya Saputra, ¹Danardono, ¹Afif Ari Wibowo, ²Dedi Surachman, ³Garin Rachmad Altair, ³Sholakhuddin Akhmad Al-Ghowazi, ³Muhammad Natsir

¹Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jawa Tengah

²Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal, Jawa Tengah

³Laboratorium Sistem Informasi Geografis, Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jawa Tengah

*Penulis korespondensi, email: as105@ums.ac.id

(Received: 2 December 2023/Accepted: 1 July 2024/Published: 30 July 2024)

Abstrak

Fenomena banjir rob di kawasan pesisir utara Pulau Jawa yang sering terjadi saat ini kemungkinan merupakan salah satu akibat dari kenaikan muka air laut akibat pemanasan global. Fenomena urbanisasi dan industrialisasi di kawasan pesisir utara Kabupaten Tegal juga dapat menyebabkan meningkatnya kawasan terbangun yang menambah beban di permukaan tanah di kawasan pesisir. Selain itu, pengambilan air tanah yang intensif juga terjadi di kawasan pesisir yang padat akan aktivitas. Padatnya kawasan industri dan permukiman di pesisir Kabupaten Tegal serta penurapan air yang intensif di kawasan ini, dapat menyebabkan fenomena subsidence atau amblesan tanah. Perpaduan antara naiknya muka air laut dan fenomena amblesan permukaan tanah (subsidence) menyebabkan dampak genangan banjir rob ini akan semakin meluas dan parah. Pesisir Kabupaten Tegal merupakan salah satu kawasan pesisir utara Pulau Jawa yang sering terlanda banjir rob. Analisis banjir rob sangat penting dilakukan dalam kaitannya dengan pengelolaan pesisir terpadu untuk menunjang pembangunan daerah. Kegiatan pendampingan penyusunan rencana mitigasi banjir rob di kawasan pesisir ini sangat membantu pemerintah daerah untuk melakukan perencanaan dan penataan ruang di pesisir Kabupaten Tegal. Pendampingan telah dilakukan untuk membantu pemerintah setempat dalam hal ini BAPPEDA dan Litbang Kabupaten Tegal dalam merencanakan penataan ruang di kawasan pesisir utara Kabupaten Tegal. Kegiatan pendampingan meliputi kegiatan pengambilan foto drone di kawasan terdampak rob paling parah yaitu Kecamatan Kramat. Selain itu tim juga melakukan pengukuran elevasi secara berkala untuk membantu pemerintah daerah mengidentifikasi kemungkinan terjadinya land-subsidence. Selain itu FGD juga sudah dilakukan untuk mendapatkan rencana mitigasi yang paling sesuai dengan kondisi di Kabupaten Tegal.

Kata Kunci: Rob, *Land-Subsidence*, *Drone mapping*, mitigasi bencana

Abstract

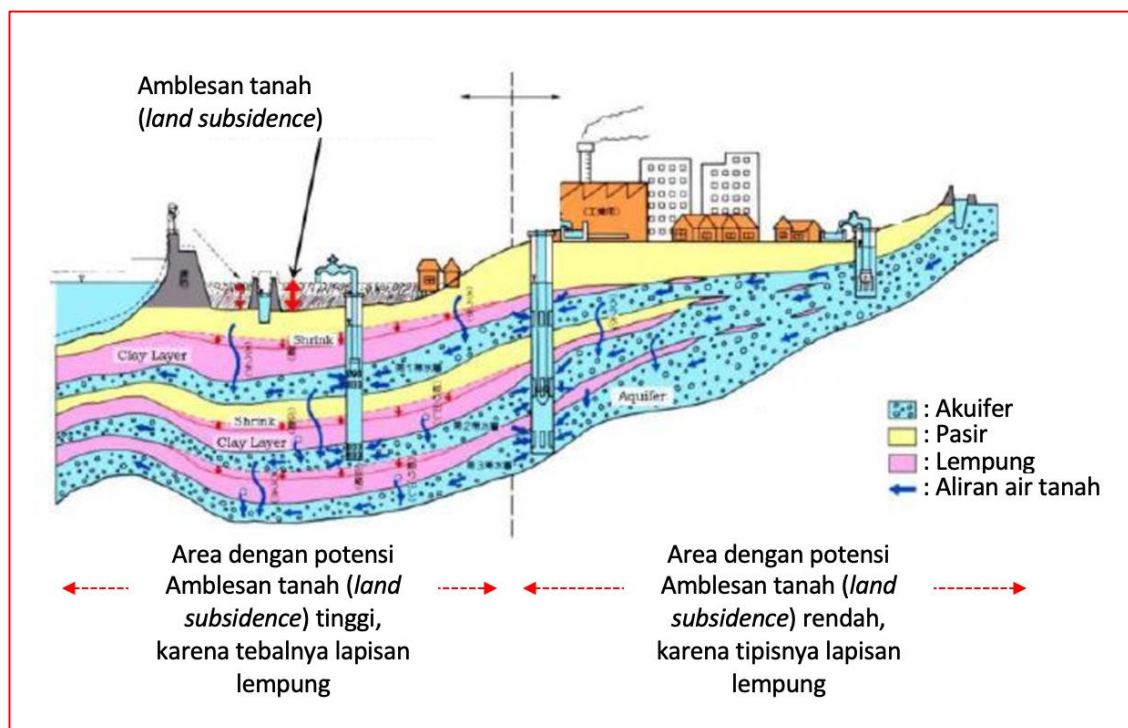
The phenomenon of tidal flood in the northern coastal areas of Java Island, which frequently occurs nowadays, is likely a consequence of rising sea levels due to global warming. The phenomena of urbanization and industrialization in the northern coastal areas of Tegal Regency can also contribute to the increase in built-up areas, adding pressure to the land surface in the coastal regions. Additionally, intensive groundwater extraction is occurring in densely populated coastal areas due to various activities. The high concentration of industrial and residential zones along the coast of Tegal Regency, coupled with extensive land subsidence due to intensive water abstraction, can lead to subsidence phenomena. The combination of rising sea levels and land subsidence can exacerbate the impact of tidal floods, making them more widespread and severe. The coastal areas of Tegal Regency are among those frequently affected by tidal floods. Analyzing tidal floods is crucial for integrated coastal management to support regional development. Assistance in developing a tidal flood mitigation plan in this coastal area is instrumental for local

governments in planning and spatial arrangement in Tegal Regency. Support has been provided to local authorities, including BAPPEDA and Litbang Tegal Regency, to plan spatial arrangements in the northern coastal areas of Tegal Regency. The assistance activities include drone photography in the most severely affected areas, such as Kramat District. Additionally, the team periodically measures elevation to help local governments identify the potential occurrence of land subsidence. Furthermore, a Forum Group Discussion has been conducted to formulate the most suitable mitigation plan considering the conditions in Tegal Regency.

Keywords : Tidal Flood, Land-Subsidence, Drone mapping, Disaster Mitigation

1. Pendahuluan

Banjir rob atau dikenal dengan istilah *tidal flood* merupakan peristiwa naiknya air laut ke arah daratan di wilayah pesisir. Terjadinya banjir rob tergantung pada banyak faktor di antaranya adalah adanya perubahan tinggi permukaan laut baik karena adanya hujan ekstrem maupun dampak pemanasan global. Selain, itu kegiatan perubahan penggunaan lahan di kawasan pesisir yang mengakibatkan meningkatnya luasan *build up* area juga memberi kontribusi pada terjadinya amblesan tanah karena semakin besarnya beban bangunan yang berada di permukaan tanah. Skema faktor yang berpengaruh pada terjadinya banjir rob dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Skema terjadinya amblesan tanah akibat aktivitas manusia di permukaan bumi di kawasan pesisir

Sumber: Hutabarat dan Ilyas, 2017

Kabupaten Tegal, merupakan salah satu kabupaten di pesisir utara Pulau Jawa yang sering dilanda banjir rob. Berdasarkan data badan penanggulangan bencana daerah (BPBD) Kabupaten Tegal, banjir rob terjadi pada hari Senin 23 Mei 2022 pukul 15.00 WIB dipicu oleh adanya gelombang pasang yang terjadi di pesisir utara bagian timur Kabupaten Tegal. Kecamatan Kramat, khususnya Kelurahan Dampyak merupakan area yang terdampak cukup parah yaitu

sekitar 232 kepala keluarga (KK) terdampak dan 50 KK mengungsi ke tempat yang lebih aman. Berdasarkan data BPBD, air menggenangi pemukiman warga dengan rata-rata kenaikan ketinggian air laut sekitar 30-50 cm. BPBD selaku instansi yang terkait dengan kebencanaan baru melakukan upaya penanganan berupa manajemen tanggap darurat yaitu koordinasi, evakuasi, dan pemberian bantuan. Sedangkan upaya-upaya mitigasi belum dilakukan sama sekali. Hal ini juga terkait dengan absennya *database* kejadian banjir rob di Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal.

Tim pelaksana akan bermitra dengan Instansi pemerintah Bappeda dan litbang Kabupaten Tegal yang melaksanakan fungsi perencanaan dan fungsi penunjang penelitian dan pengembangan. Permasalahan banjir rob di pesisir utara bagian timur ini juga menjadi permasalahan utama penataan ruang di Kabupaten Tegal. Hanya saja kendala mitra yang dihadapi adalah selama ini belum ada *database* spasial terkait kejadian banjir rob yang dapat digunakan sebagai acuan dalam Menyusun tata ruang di kawasan pesisir utara bagian timur. Sehingga dengan adanya pendampingan ini, Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal merasa sangat terbantu dan sangat berharap hasil pendampingan ini dapat digunakan dalam rencana mitigasi sekaligus penataan ruang di kawasan pesisir utara bagian timur Kabupaten Tegal.

Pemodelan bahaya banjir rob merupakan modal utama dalam memahami fenomena banjir rob dan upaya mitigasinya. Pemodelan banjir rob sudah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya seperti Marfai dan King (2008); Marfai et al., (2008); Sutomo dan Hartanto (2016); Ramdhan dan Kurniawan (2016); Widodo dan Pratikno (2016). Namun hampir semua pemodelan tersebut menggunakan DEM baik yang berasal dari ekstraksi citra penginderaan jauh maupun memanfaatkan data DEMNAS yang tersedia. Kemajuan teknologi, penginderaan jauh dan fotogrametri memungkinkan untuk mendapatkan data model elevasi digital (DEM) yang akurat dengan tingkat fleksibilitas yang sangat tinggi. Dengan menggunakan teknik drone mapping, peneliti dapat mengambil foto udara secara berkala untuk mendapatkan laju amblesan tanah (jika ada) di daerah penelitian. Hal ini sangat berguna untuk mendukung rencana mitigasi yang akan dilakukan.

2. Metode

Kegiatan pengabdian ini dilakukan dengan teknik pendampingan dan aktivitas observasi untuk implementasi drone mapping bersama dengan pihak Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal. Kegiatan ini akan diawali dengan *kick off meeting* (*Forum Group Discussion* (FGD) 1), observasi *drone mapping* di lokasi terdampak rob, *workshop* pengolahan data drone, FGD 2 perumusan mitigasi, dan sosialisasi hasil pada masyarakat terdampak. Secara garis besar alur pelaksanaan kegiatan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Alur kegiatan pengabdian

2.1. FGD 1

Pada FGD 1 tim pengabdian akan berkunjung ke Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal untuk mendiskusikan fenomena banjir rob di Kabupaten Tegal. Pada tahap ini dilakukan penentuan lokasi observasi dan implementasi *drone mapping*. Area dipilih berdasarkan pertimbangan tingkat bahaya, kepadatan permukiman dan area industri, tidak banyak rintangan untuk menerbangkan drone, dan tentu saja aman untuk dilakukan observasi. Pada tahap ini juga dilakukan koordinasi awal yang meliputi pembentukan tim gabungan, penyiapan tempat kerja, dan pengecekan kesiapan alat.

2.2. Drone Mapping

Setelah area observasi ditentukan, maka area akan dibagi menjadi beberapa blok pemotretan. Blok ini dapat dibagi berdasarkan batasan administrasi maupun batasan alam seperti sungai, jalan, atau batas perbukitan. Setiap blok memiliki luasan yang bervariasi tergantung pada kondisi penghalang di lapangan. Area terbuka luas dapat dipotret dengan jangkauan drone yang lebih luas (5-10 Ha). Area yang tertutup dapat dipotret dengan jangkauan drone sekitar 2-5 Ha.

2.3. Workshop Pengolahan Data Drone Mapping

Workshop ini dilakukan untuk proses *transfer knowledge* dari tim pelaksana ke tim teknis di Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal. *Workshop* ini akan dilakukan di Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal di Slawi dan melibatkan tim pengabdian, mahasiswa, dan staf yang ditunjuk oleh Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal. Pengabdian bertujuan untuk mensosialisasikan tata cara pengolahan foto udara hasil pemotretan dengan drone menggunakan *software* Agisoft Photoscan Pro. *Workshop* berlangsung dalam 2 hari. Hari pertama lebih fokus pada memproses foto drone dari *sparse point cloud* hingga *orthophoto* dan DEM. Sedangkan hari kedua akan dicoba menganalisis dinamika rob dengan teknik PIV.

2.4. Analisis Rob

Pada tahap ini hasil pemotretan *drone mapping* baik *orthophoto* maupun DEM akan dijadikan input dalam analisis rob menggunakan salah satu analisis spasial yaitu tetangga terdekat atau lebih spesifik analisis iterasi. Pada tahap ini tim lebih banyak bekerja di studio untuk menghasilkan pemodelan rob dengan beberapa skenario yang sudah ditentukan di tahap FGD 1 dan observasi di lapangan.

2.5. FGD 2

Pada tahap ini tim gabungan akan lebih fokus untuk berdiskusi dengan pihak-pihak terkait untuk merumuskan rencana mitigasi bahaya banjir rob. Adapun beberapa instansi yang dipanggil adalah BPBD, pemerintahan desa, Bappeda, dan dinas lain yang terkait.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. FGD 1

FGD 1 telah dilakukan 16 Maret 2023 bertempat di kompleks pemerintahan Kabupaten Tegal di Jalan Dr Soetomo No. 1, Slawi Tegal. Adapun tim pengabdian bertemu dengan perangkat pemerintahan yang dihadiri langsung oleh Sekretaris Badan Bapak Bambang Kusnandar Aribawa, SP,SH, M.Si. Sedangkan tim pengabdian dari UMS dihadiri oleh ketua tim dan anggota beserta mahasiswa yang terlibat dalam kegiatan ini. Terdapat 2 mahasiswa asing yang turut hadir dalam FGD ini yang kebetulan sedang melakukan program pertukaran mahasiswa di Fakultas Geografi UMS. Dua mahasiswa tersebut adalah Mika Yoshida dan Namiko Sano. Keduanya turut aktif bergabung pada tahap awal program pengabdian ini.

Dalam FGD 1 ini dilakukan diskusi terkait penentuan metode pendampingan yang seperti apa yang mungkin sesuai dengan kebutuhan akan pemetaan bahaya genangan banjir rob dan identifikasi *land-subsidence*. Selain itu, dalam diskusi FGD 1 ini juga dibicarakan terkait jadwal program pengabdian ke depan. Adapun hasil diskusi dalam FGD 1 ini disepakati bahwa: 1) Program pendampingan pemetaan bahaya rob nantinya akan melibatkan tim dari Bappeda dan Litbang Tegal sehingga akan muncul *transfer knowledge*, terutama terkait *drone mapping*; 2) Akan dilakukan kegiatan lanjutan berupa *workshop* pengolahan data hasil pemotretan drone yang sudah dilakukan dengan tim yang ada di Bappeda dan Litbang; 3) Secara bersama-sama tim pengabdian dan tim Bappeda-Litbang akan mencoba membuat rumusan awal Langkah-langkah

mitigasi bahaya rob yang harus ditempuh di Kabupaten Tegal; 4) Akan ada kegiatan lanjutan berupa penelitian kolaboratif untuk jangka panjang terkait identifikasi *land-subsidence* sebagai lanjutan dari kegiatan program magang ini.

Dokumentasi kegiatan FGD1 ini dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. FGD1 bersama Bappeda dan Litbang Tegal

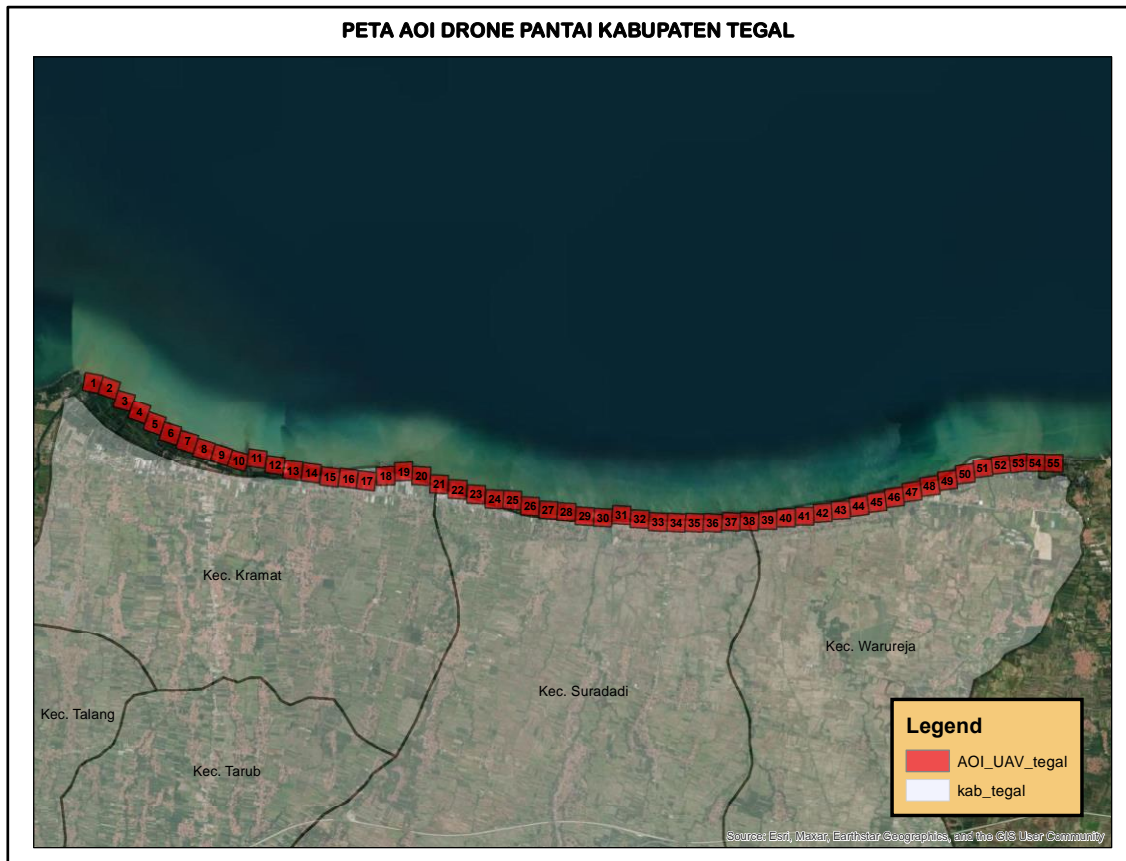
3.2. Pendampingan *Drone Mapping* (Pemetaan dengan Drone)

Drone Mapping sudah sangat banyak digunakan dalam dunia pemetaan baru-baru ini, terutama sejak perangkat drone dilengkapi dengan device perekam posisi atau sering disebut sebagai alat *Global Positioning System* (GPS). Dengan drone seorang *surveyor* mampu melakukan pemotretan dan menghasilkan foto udara yang memiliki referensi geografis. Dengan drone seorang *surveyor* juga mampu menghasilkan foto udara yang stereoskopis yang dapat digunakan untuk membangun *Digital Elevation Model* (DEM) atau model permukaan digital. Data inilah yang digunakan dalam memodelkan genangan banjir rob yang terjadi di pesisir utara Kabupaten Tegal.

Untuk melakukan misi pemotretan udara setidaknya dibutuhkan minimal 3 orang. Satu orang sebagai pilot drone yang bertugas untuk mengendalikan drone. Satu orang yang lain bertugas sebagai asisten pilot yang membantu tugas pilot drone, dan satu orang yang lain adalah *observer* yang bertugas untuk mengamati pergerakan drone dan kondisi di sekitar tempat *take off* dan landing. Kegiatan *Drone Mapping* pada program pendampingan ini akan dilakukan oleh 4 orang dari tim Fakultas Geografi dan 3 orang dari tim dari Bappeda dan Litbang Tegal.

Pada kegiatan awal, dilakukan perancangan misi pemotretan udara. Pada kegiatan ini ditentukan lokus daerah pemotretan. Penentuan daerah pemotretan dilakukan dengan memilih daerah yang dekat dengan pantai dan sering mengalami banjir rob. Berdasarkan informasi dari Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal, daerah yang sering terkena banjir rob di Kabupaten Tegal adalah Desa Dampyak di Kecamatan Keramat. Di daerah ini pula dijumpai fenomena amblesan di beberapa titik yang mengarah pada fenomena *land-subsidence*.

Setelah ditentukan lokasi pemotretan maka tim gabungan bersama-sama merancang jalur penerbangan dan menentukan titik *take off* dan *landing* drone di area pemotretan. Selain itu, pada tahap ini ditentukan juga seberapa jauh drone akan memotret area pantai. Tentu saja penentuan ini didasarkan pada sejauh mana drone menggenangi daratan. Berdasarkan informasi dari tim Tegal maka ditetapkan area pemotretan. Sebanyak 20 area pemotretan telah di bagi di pesisir Kecamatan Keramat, dengan luasan setiap area pemotretan sekitar 5-10 Ha. Peta area penerbangan drone di Kabupaten Tegal dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini. Sedangkan *area of interest* (AoI) Kecamatan Kramat dapat dilihat pada Gambar 5.

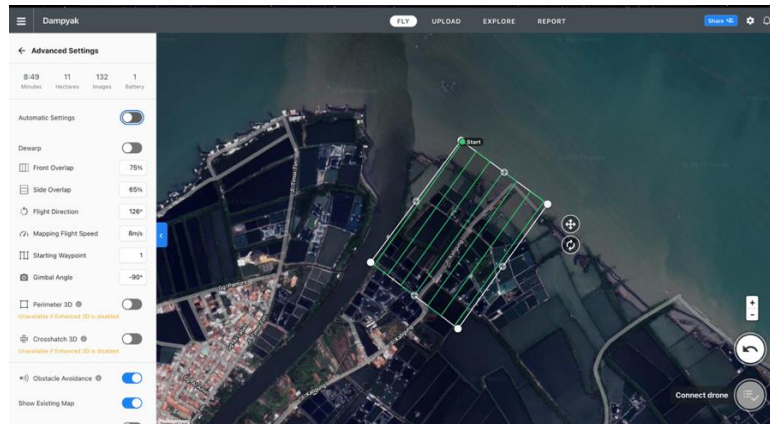


Gambar 4. AoI drone mapping Kabupaten Tegal



Gambar 5. AoI Kecamatan Keramat

Pada setiap AoI kemudian tentukan jalur terbang dengan memperhatikan beberapa parameter utama seperti tinggi terbang, *sidelap* dan *frontlap*. Penentuan jalur terbang ini dapat dibantu dengan aplikasi *Drone Deploy* atau *pix4D Mission Planner*. Pembuatan jalur terbang dapat dilakukan pada saat tahap penentuan jalur terbang sebelum kelapangan maupun dapat ditentukan langsung di lapangan. Proses diskusi saat penentuan jalur terbang dan contoh hasil jalur terbang dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 6. Penentuan jalur terbang, *frontlap-sidelap*, dan ketinggian terbang drone



Gambar 7. Diskusi menentukan AoI dan akses masuk ke AoI (kiri atas), pengambilan data lokasi (x,y, dan z) pada titik ikat sebagai *benchmark* foto drone dan titik pengukuran *land-subsidence* (kanan atas), pengukuran 0 m di tepi pantai sebagai titik ikat pengukuran *land-subsidence* (bawah)

3.3. Pengolahan data

Pengolahan data *drone mapping* dilakukan di laboratorium SIG Fakultas Geografi karena pengolahan data pemotretan drone membutuhkan *software* yang spesifik dan membutuhkan spesifikasi komputer yang cukup tinggi. Pengolahan data ini diawali dengan alignment foto dan dilanjutkan dengan proses input titik ikat yang diambil dari perekaman DGPS di beberapa *benchmark*. Hasil pengukuran DGPS dapat dilihat pada Tabel 9 dan beberapa foto *benchmark* dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 9. *Benchmark* pengukuran dGPS

No	X	Y	Z	GCP	Keterangan	Segmentasi
1	296858	9242483	0,4602	GCP 1	Depan Rumah Warga (pagar ujung selatan)	Barat
2	296084,5	9241623	0,3502	GCP 2	Lapangan	Barat
3	963290,7	9239667	0,6619	GCP 3	Rumah	Tengah
4	963109,9	9239273	1,068	GCP 4	jembatan biru	Tengah
5	304384,3	9240284	4,0213	GCP 5	Jembatan (Bagian Barat)	Timur
6	305547,8	9240352	0,1223	GCP 6	Pantai Marlin	Timur

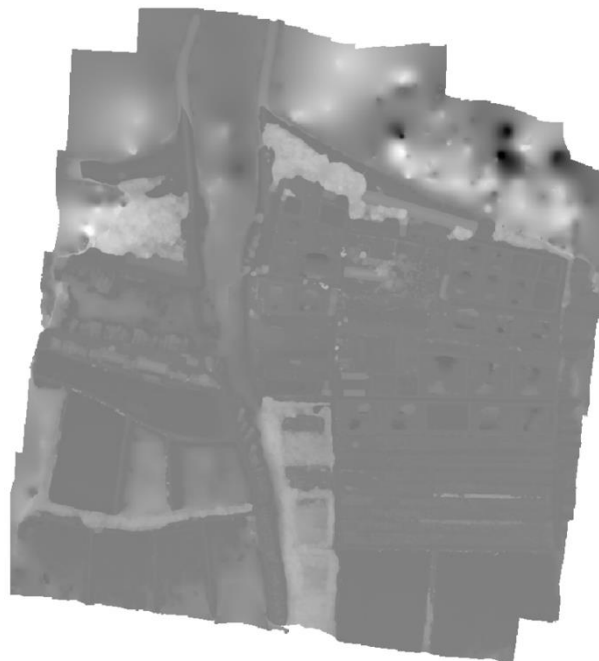


Gambar 8. Proses perekaman GCP dengan dGPS.

Selanjutnya setelah data x, y dan z dimasukkan ke dalam *software Agisoft Photoscan Pro*, maka proses *align* foto dapat dilakukan. Ada sekitar 20 area pemotretan dengan jumlah foto setiap area pemotretan sekitar 30 foto, proses *alignment* foto dilakukan secara bertahap berdasarkan area pemotretan. Sehingga setiap area pemotretan memiliki waktu pemrosesan yang berbeda-beda tergantung luasan area pemotretan dan jumlah foto yang diambil. Hasil pemrosesan foto berupa *dense point cloud*, *mash*, *texture*, dan DEM. Adapun luaran yang lain dari kegiatan proses pengolahan data ini adalah tutorial sederhana pengolahan data drone yang nantinya akan digunakan untuk workshop bersama Bappeda dan Litbang Tegal dengan tema workshop: pengolahan foto drone untuk pemetaan dan penataan ruang kawasan pesisir. Contoh hasil pengolahan foto drone dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 9. *Orthophoto* hasil pengolahan data drone area 9



Gambar 10. DSM area 9 dalam bentuk *single band* (Grayscale)

3.4. Sosialisasi hasil pendampingan

Sosialisasi hasil pendampingan dilakukan di ruang pertemuan Fakultas Geografi UMS. Adapun pertemuan ini dihadiri langsung oleh Sekretaris Bappeda dan Litbang Bapak Bambang Kusnandar Aribawa, SP,SH, M.Si. Dalam pertemuan ini disampaikan hasil pendampingan pemotretan drone untuk membantu penataan ruang di pesisir utara Kabupaten Tegal. Selain itu dalam pertemuan ini juga dibahas rencana tindak lanjut dan beberapa rencana kegiatan kolaborasi lanjutan ke depan. Adapun setelah kegiatan ini muncul beberapa kesepakatan dan rencana lanjutan seperti: 1) Perlunya pengukuran ulang elevasi pada periode yang lebih lama untuk melihat ada tidaknya fenomena *land-subsidence*, 2) Perlunya diadakan kegiatan workshop pengolahan data hasil pemotretan drone, 3) Perlunya dilakukan FGD lanjutan dengan *stakeholder* terkait untuk membahas rencana lanjutan terkait mitigasi banjir rob yang terjadi, 4) Perlunya kegiatan kolaborasi untuk melakukan edukasi kepada masyarakat lokal terkait banjir rob.

Dokumentasi kegiatan sosialisasi ini dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 11. Sosialisasi dan diskusi dengan Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal

3.5. Pelatihan *Drone Mapping* dan analisis *Structure From Motion* (SFM)

Kegiatan pelatihan drone mapping dan olah data drone sudah dilakukan di bulan November ini selama 3 hari berturut-turut di Hotel Multazam Surakarta. Pada kesempatan ini Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal hadir untuk mempelajari secara detail bagaimana mengoperasikan drone untuk pemetaan dan selanjutnya mengolah foto drone menjadi *orthophoto* yang nantinya dapat digunakan untuk berbagai kepentingan di Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal. Adapun dokumentasi kegiatan dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 12. Kegiatan pelatihan *Drone Mapping* dan SFM

4. Simpulan

Kegiatan pendampingan pemodelan banjir rob di pesisir timur Kabupaten Tegal ini dinilai cukup penting karena belum ada *database* terkait banjir rob selama ini. Kegiatan mitigasi bencana seolah hanya meraba-raba dan bersifat tanggap darurat. Dengan adanya kegiatan ini Bappeda dan Litbang berkesempatan untuk dapat melakukan pendataan dan membangun *database* terkait rob untuk mengurangi risiko bencana rob. Selain itu dengan dibekalinya konsep *drone mapping*, Bappeda dan Litbang secara mandiri dapat melakukan monitoring perubahan penggunaan lahan dan pengembangan *database*. Kedepan perlu dilakukan perekaman ketinggian kembali di sekitar pantai untuk memastikan ada tidaknya *land-subsidence* yang dapat memperparah fenomena banjir rob di pesisir bagian timur Kabupaten Tegal.

5. Persantunan

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya pada Lembaga Pengabdian Masyarakat dan pengembangan persyarikatan (LPMPP) Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memfasilitasi pengabdian ini melalui program pengabdian masyarakat penerapan

teknologi tepat guna (P2TTG). Selain itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal yang telah memfasilitasi tim pengabdian dan berkolaborasi dalam program pendampingan ini.

6. Referensi

- Hutabarat, L.E. dan Ilyas, T. 2017. Mapping of land subsidence induced by groundwater extraction in urban area as basic data for sustainable countermeasures. *International Journal of Technology*, 6, pp 1001-1011.
- Marfai, M.A., Almohammad, H., Dey, S., Susanto, B., King, L. 2008. Coastal dynamic and shoreline mapping: multi-sources spatial data analysis in Semarang Indonesia.. *Environmantal monitoring and assessment*, 142. Pp 297-308.
- Marfai, M.A., and King, L. 2008. Potential vulnerability implications of coastal inundation due to sea level rise for the coastal zone of Semarang city, *Indonesia. Environmental geology* 54, pp 1235-1245.
- Ramdhan, M., & Kurniawan, A. (2016). Analysis of Tidal Flood in Jakarta Bay. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 7(11), 876-881
- Sutomo, S., & Hartanto, S. (2016). Tidal Flood Risk Assessment in Coastal Area of Semarang City. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 7(6), 535-541.
- Widodo, S., & Pratikto, A. (2015). Prediction of Tidal Flood in the Coastal Area of Semarang City, *Indonesia. International Journal of Scientific*



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY-NC-ND) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).