

PERAN TEKNOLOGI *DRONE* DALAM MONITORING BERBASIS MASYARAKAT DI KAWASAN PESISIR KABUPATEN KARAWANG

Roni Sewiko¹, Aris Kabul Pranoto², Roberto Patar Pasaribu³,
Anthon Anthonny Djari⁴, Abdul Rahman⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Program Studi Teknik Kelautan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang,
Jalan Raya Lingkar Tanjungpura, Karangpawitan, Kecamatan Karawang Barat, Jawa Barat 41315

¹e-mail: roniseviko@poltekkpkarawang.ac.id

Abstrak

Kawasan pesisir sering menghadapi tantangan lingkungan yang kompleks, seperti abrasi, deforestasi, pencemaran, dan kegiatan ilegal yang merusak ekosistem laut. Sayangnya, mayoritas masyarakat pesisir sebagai aktor kunci kegiatan monitoring masih terbatas dalam mempelajari dan mengaplikasikan teknologi yang relevan. Sehingga laju upaya konservasi dan rehabilitasi pesisir tidak bisa mengimbangi laju kerusakan yang terjadi. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan sistem pemantauan yang efektif untuk menjaga keberlanjutan ekosistem pesisir. Sistem pemantauan ini dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan masyarakat dalam memanfaatkan aplikasi dan wahana pemetaan sebagai alat monitoring, untuk meningkatkan efektivitas konservasi dan rehabilitasi pesisir. Metode yang digunakan adalah pendekatan partisipatif, yang memungkinkan masyarakat berkolaborasi dengan perguruan tinggi dalam melakukan monitoring berbasis aplikasi dan wahana pemetaan, khususnya dalam pemanfaatan *drone*. Peserta kegiatan adalah enam kelompok masyarakat konservasi (POKMASI) yang berada di pesisir Kabupaten Karawang. Evaluasi kegiatan dilaksanakan melalui observasi lapangan, FGD, serta analisis terhadap data spasial yang dihasilkan POKMASI. Hasil yang signifikan dari kegiatan ini adalah meningkatnya partisipasi masyarakat dalam pemantauan kawasan pesisir, pengayaan metode pengawasan, terbentuknya jejaring komunikasi yang efisien, serta aksi kolektif untuk menjaga kawasan konservasi dan rehabilitasi pesisir Kabupaten Karawang.

Kata Kunci: *drone*, monitoring, pesisir, kelompok masyarakat, konservasi

Abstract

Coastal areas often face complex environmental challenges, such as abrasion, deforestation, pollution, and illegal activities that harm marine ecosystems. Unfortunately, the majority of coastal communities, as key actors in monitoring activities, are limited in their knowledge and application of relevant technologies. As a result, conservation and rehabilitation efforts are unable to keep pace with the rate of degradation that occurs. Therefore, it is important to develop an effective monitoring system to maintain the sustainability of coastal ecosystems. This monitoring system is developed to enhance the skills of communities in utilizing mapping applications and tools as monitoring instruments, with the aim of improving the effectiveness of coastal conservation and rehabilitation. The method employed is a participatory approach, which allows communities to collaborate with universities in conducting application-based and mapping-based monitoring, particularly through the utilization of drones. The participants in these activities are six community conservation groups (POKMASI) located in the coastal areas of Karawang Regency. The evaluation of the activities is carried out through field observations, focus group discussions (FGD), and analysis of the spatial data generated by POKMASI. The significant outcomes of this initiative

include increased community participation in coastal monitoring, enrichment of surveillance methods, the establishment of efficient communication networks, and collective action to preserve the conservation and rehabilitation areas of Karawang Regency's coastal regions.

Keywords: *drones, monitoring, coastal area, community groups, conservation*

PENDAHULUAN

Secara ekologis, kawasan pesisir memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah, namun juga rawan mengalami masalah seperti erosi pantai, abrasi, dan kerusakan habitat laut. Salah satu pihak yang bertanggungjawab langsung terhadap kelestarian dan keberlanjutan ekosistem pesisir adalah masyarakat lokal. Namun kelompok masyarakat sering menghadapi beberapa masalah dalam melakukan pengawasan pesisir. Masalah yang umum terjadi meliputi kurangnya akses ke teknologi dan sumber daya yang diperlukan (Kusumaningrum et al., 2020), kurangnya pengetahuan dan keterampilan teknis (Putra et al., 2019), terbatasnya dukungan keuangan dan infrastruktur (Arifin, 2018), tantangan dalam mengelola dan menginterpretasikan data (Huang et al., 2020), serta kurangnya koordinasi dan kolaborasi antara kelompok masyarakat, pemerintah, dan lembaga terkait (Abdullah, 2018). Masalah-masalah ini harus diatasi agar pengawasan pesisir dapat dilakukan secara efektif dan berkelanjutan.

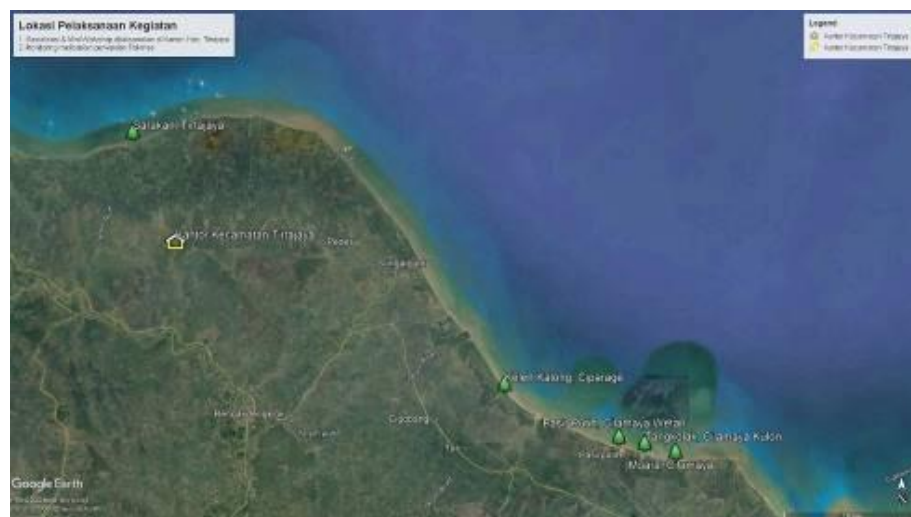
Alternatif solusi yang dapat menjawab permasalahan tersebut, adalah dengan membentuk jejaring sistem monitoring pengawasan kawasan pesisir yang berbasis pemanfaatan teknologi. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk pemantauan kawasan pesisir adalah aplikasi berbasis GIS dan *drone*. Teknologi ini dapat memudahkan dalam pengambilan data secara cepat dan akurat, sehingga masyarakat dapat lebih efisien terlibat dalam pemantauan kawasan pesisir.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan teknologi *drone* dapat membantu dalam pemantauan kawasan pesisir. Teknologi *drone* dapat dioptimalkan untuk melakukan pemetaan kawasan pesisir (Pramudyo et al., 2018) dengan akurasi yang tinggi (Singh et al., 2020). Drone juga dapat membantu dalam pengambilan data dinamika pantai (Santos et al., 2019), perubahan topografi pantai (Aulia et al., 2020), serta pemantauan kesehatan ekosistem *mangrove* (Sewiko & Sagala, 2022)

Adapun tujuan utama dari kegiatan ini adalah untuk memperkenalkan pemanfaatan teknologi *drone* dan aplikasi GIS untuk membangun jejaring dan meningkatkan efisiensi kegiatan monitoring. Sasarannya adalah kelompok masyarakat pengawas/konservasi (POKMAS/POKMASI) di pesisir Kabupaten Karawang. POKMASS/I Karawang selama ini masih bekerja secara konvensional dan kurang terkoordinir, padahal kelompok ini memiliki peran penting dalam monitoring pesisir (Nugraha & Susanto, 2020). Diharapkan melalui introduksi sistem monitoring yang disampaikan, keterampilan anggota POKMAS/POKMASI Karawang dalam memanfaatkan teknologi lebih meningkat, serta program monitoring dapat dilaksanakan lebih terorganisir dan lebih efektif.

METODE

Program Pengabdian Kepada Masyarakat (PkM) ini dilaksanakan di beberapa titik pesisir Kabupaten Karawang provinsi Jawa Barat sebagaimana tertera pada Gambar 1. Lokasi ini dipilih karena terdapat kawasan konservasi dan rehabilitasi pesisir yang memerlukan pengawasan dan pemantauan yang intensif.

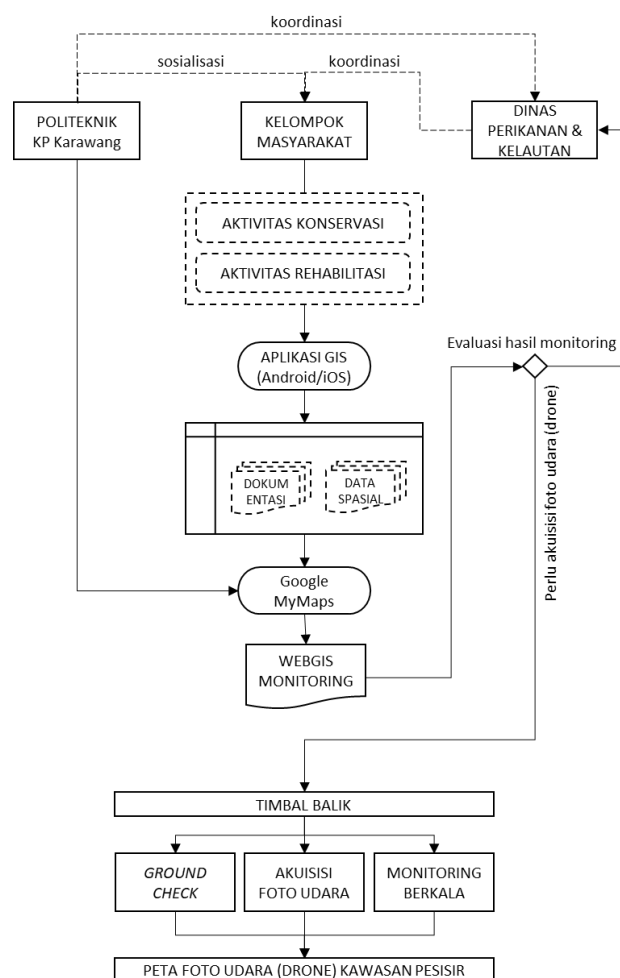


Gambar 1 Peta Pelaksanaan Kegiatan PkM Prodi TKL Tahun 2023

Kegiatan ini melibatkan perwakilan POKMAS/POKMASI di Kabupaten Karawang yang sudah dibentuk sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku di Indonesia, seperti Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 2018

tentang pengelolaan kawasan konservasi, serta peraturan daerah setempat yang mengatur tentang kawasan konservasi dan rehabilitasi pesisir.

Kegiatan PkM Prodi TKL pada tahun ini fokus dilaksanakan pada semester genap (Februari-Maret 2023). Kegiatan ini terdiri dari beberapa fase, sebab introduksi teknologi baru memerlukan pendekatan yang tepat dan waktu yang cukup pada masyarakat pesisir agar dapat diterima dan digunakan secara efektif (Mustafa et al., 2021). Adapun alur pelaksanaan kegiatan ini adalah sebagaimana tertera pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Pelaksanaan Kegiatan PKM Prodi TKL

Pengabdian dilakukan dengan penyuluhan, pengembangan kapasitas, riset partisipatif, serta konsultasi dan bimbingan. Penyuluhan dilakukan untuk memberikan Informasi awal dan perubahan muka pesisir lokasi selama dua tahun terakhir. Pengembangan kapasitas dilakukan dengan mengajarkan penggunaan

aplikasi GIS berbasis android untuk memudahkan interaksi dan digitalisasi data pengamatan. Riset partisipatif dilakukan sesuai dengan program prioritas dan atau permintaan POKMAS/POKMASI, berupa pemetaan dengan menggunakan drone. Serta konsultasi dan bimbingan dilakukan dengan membentuk forum komunikasi daring untuk meningkatkan efisiensi interaksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi *drone* saat ini menjadi salah satu teknologi yang cukup banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk dalam pemantauan ekosistem pesisir. Kolaborasi antara perguruan tinggi, pemerintah, dan kelompok masyarakat dapat membantu mempercepat pengembangan teknologi *drone* yang tepat guna dan sesuai dengan kebutuhan pemantauan ekosistem pesisir.

Teknologi *drone* dalam pemantauan ekosistem pesisir dapat membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengumpulan data (Santoso et. Al., 2021), sehingga dapat memberikan informasi yang lebih cepat dan presisi terkait kondisi ekosistem pesisir. Hal ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat dan akurat dalam pengelolaan keberlangsungan ekosistem pesisir. mencapai daerah yang sulit dijangkau, keterbatasan waktu dan biaya, serta kesulitan dalam mengambil data dengan akurasi yang tinggi (Bryson et al., 2019; Roff et al., 2016).

Penyuluhan Kondisi Fisik Pesisir dan Pengembangan Kapasitas

Kegiatan diawali dengan melakukan komunikasi kepada para pihak yang terkait langsung dengan kegiatan. Adapun pihak yang dilibatkan dalam kegiatan ini adalah kelompok masyarakat yang ada di pesisir Kabupaten Karawang. Untuk kegiatan awal ini, dipilih beberapa perwakilan kelompok masyarakat pengawas dan kelompok masyarakat konservasi (Gambar 3). Untuk kepentingan tersebut, tim pelaksana juga berkoordinasi dengan Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Karawang.



Gambar 3 Proses Koordinasi dan Sosialisasi Kegiatan PKM Prodi TKL

Kelompok masyarakat pengawas (POKMAS) dan kelompok masyarakat konservasi (POKMASI) merupakan dua bentuk kelompok masyarakat yang berperan penting dalam upaya pengawasan dan pelestarian kawasan konservasi. Kelompok masyarakat pengawas berperan dalam melakukan pengawasan terhadap kegiatan yang dilakukan di kawasan konservasi untuk memastikan kegiatan tersebut tidak merusak lingkungan. Sedangkan kelompok masyarakat konservasi berperan dalam melakukan kegiatan pelestarian kawasan konservasi, seperti penanaman kembali vegetasi dan penangkaran satwa yang dilindungi (Niken, 2020).

Kedua kelompok ini memiliki peran penting dalam menjaga keberlanjutan kawasan konservasi. Melalui kolaborasi antara kedua kelompok, dapat dilakukan upaya pengawasan yang lebih efektif dan upaya pelestarian yang lebih terintegrasi. Adapun kelompok masyarakat yang terlibat dalam kegiatan ini adalah sebagaimana tertera pada Tabel 1.

Tabel 1 Kelompok Masyarakat yang Terlibat dalam Kegiatan PKM

No	Kelompok Masyarakat	Alamat
1	POKMASWAS Bakti Mandiri	Ds. Tambaksari, Kec. Tirtajaya
2	POKMASI Fajar Alam bahari	Ds. Muara Kec. Cilamaya Wetan
3	POKMASI Lestari Alam Bahari	Ds. Muara Baru Kec. Cilamaya Wetan
4	POKMASI Kreasi Alam Bahari	Ds. Sukakerta Kec. Cilamaya Wetan
5	POKMASI Pandu Alam Sendulang	Ds. Sukakerta Kec. Cilamaya Wetan
6	Mina Jaladri	Ds. Sukajaya Kec. Cilamaya Kulon

Pada penyuluhan ini, disampaikan mengenai dinamika yang terjadi pada kondisi fisik pesisir Karawang. Melalui kajian yang telah dilaksanakan oleh program studi melalui observasi langsung, pesisir Karawang mengalami erosi

pantai yang signifikan. Aktivitas manusia seperti perambahan hutan bakau, reklamasi lahan, dan pembukaan lahan tambak menjadi sebab utama kondisi tersebut. Pada kesempatan ini juga disampaikan mengenai perkembangan setiap Kawasan yang dikelola oleh masing-masing POKMAS/I yang terlibat. Diantaranya ada yang mengalami abrasi, akresi, dan gabungan antara keduanya.

Inti dari penyuluhan ini adalah membuka pandangan anggota POKMAS/I mengenai kondisi, serta tantangan dan peluang dalam monitoring Kawasan pesisir saat ini. Pada kesempatan ini juga diperkenalkan beberapa aplikasi berbasis sistem Informasi geografis (SIG) pada *platform* android yang dapat dipasang secara gratis. Pengenalan aplikasi ini menjadi kunci dari sistem monitoring partisipatif yang dikembangkan oleh tim, sebagaimana tertera pada Gambar 2. Diharapkan pengenalan aplikasi ini akan dapat membantu mempercepat proses distribusi Informasi, yang kemudian akan dianalisa oleh pelaksana kegiatan.

Pembentukan Jejaring Komunikasi dengan Kelompok Masyarakat

Pentingnya membentuk jejaring dengan kelompok masyarakat pengawas dan kelompok masyarakat konservasi bagi perguruan tinggi kelautan perikanan adalah untuk meningkatkan sinergi dalam upaya pelestarian kawasan pesisir (Kristiyono, 2017). Dengan membentuk jejaring, perguruan tinggi dapat lebih memahami kebutuhan dan tantangan yang dihadapi oleh kelompok masyarakat pengawas dan konservasi, sehingga dapat merancang program dan kegiatan yang lebih efektif dan tepat sasaran.

Sebagai tindak lanjut dari informasi yang disampaikan pada penyuluhan, mengenai sistem kerja monitoring partisipatif, para anggota POKMAS/I kemudian digabungkan dalam satu grup besar melalui sebuah *platform* sosial media. Pada grup ini, seluruh anggota tim pelaksana yang terlibat juga turut berperan memoderasi kelompok. Grup ini berperan penting sebagai pusat pertukaran dan pengiriman Informasi spasial yang tim pelaksana perlukan untuk memantau perkembangan kegiatan rehabilitasi/konservasi yang dilaksanakan POKMAS/I. Berdasarkan Informasi tersebut, tim pelaksana kemudian dapat memprioritaskan evaluasi lebih lanjut berupa observasi lapangan dan pemetaan dengan menggunakan *drone*.

Pemanfaatan *Drone* dalam Monitoring Kondisi Fisik Ekosistem Pesisir

Sebagai tindak lanjut dari hasil evaluasi data yang diberikan oleh para anggota POKMAS/I, maka pada tanggal 24 Februari 2023, tim PKM Prodi TKL melakukan pengambilan data menggunakan *drone* untuk membuat peta foto udara kondisi fisik pantai di Desa Tambaksari, Kecamatan Tirtajaya, Kabupaten Karawang, Jawa Barat (Gambar 4). Lokasi ini menjadi lokasi pertama yang diobservasi secara langsung ke lapangan. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengkonfirmasi data spasial yang telah dianalisa sebelumnya, memperoleh informasi yang detail dan akurat mengenai kondisi fisik pantai, termasuk garis pantai, morfologi pantai, vegetasi pantai, dan aktivitas manusia di sekitar pantai.

Beberapa studi menunjukkan bahwa penggunaan *drone* dalam pemantauan kondisi fisik pesisir telah berhasil dilakukan di berbagai negara seperti Amerika Serikat (Klemas, 2013), Kanada (Briggs et al., 2017), dan Australia (Roelfsema et al., 2015). Dalam studi lain, Chowdhury et al. (2017) menyebutkan bahwa pemanfaatan *drone* dalam pemantauan kondisi fisik pesisir dapat membantu dalam mengidentifikasi dan memetakan wilayah yang terdampak oleh abrasi.

Pemanfaatan *drone* dalam membuat peta kondisi fisik pantai memiliki banyak keuntungan (Sewiko et al., 2022), di antaranya: (1) Presisi yang tinggi: *Drone* mampu menghasilkan data yang sangat detail dan akurat tentang kondisi fisik pantai, karena mampu mengambil foto dari ketinggian dan sudut yang berbeda-beda. (2) Efisiensi waktu dan biaya: Penggunaan *drone* lebih efisien dalam mengumpulkan data dibandingkan dengan metode tradisional seperti survei lapangan yang memakan waktu dan biaya yang cukup besar. (3) Kemudahan akses: *Drone* dapat dioperasikan di daerah yang sulit dijangkau oleh manusia, seperti daerah pantai yang terjal atau terpencil. (4) Dapat menghasilkan peta yang mudah dimengerti: Data yang diperoleh dari *drone* dapat diproses menggunakan aplikasi khusus sehingga menghasilkan peta kondisi fisik pantai yang mudah dimengerti dan digunakan oleh masyarakat umum.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4 Proses Pemetaan Menggunakan Drone

(a) Inspeksi Wahana; (b) Sinkronisasi Controller; (c) Proses Akuisisi

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *drone* DJI Mavic 2 Pro, dengan ketinggian terbang 120 meter dari permukaan laut. Selama pengambilan data, *drone* dilengkapi dengan kamera resolusi tinggi yang dapat menghasilkan gambar dengan kualitas yang sangat baik. Pada saat yang sama, tim juga melakukan monitoring vegetasi *mangrove* dan pengamatan kualitas air.

Setelah proses pengambilan data selesai, tim pelaksana melakukan proses analisis data dan pengolahan citra menggunakan *software* khusus untuk 773 foto hasil akuisisi. Data yang diperoleh diolah menjadi peta foto udara dengan resolusi yang tinggi, sehingga dapat memperlihatkan detail kondisi fisik pantai dengan sangat jelas (Gambar 5). Resolusi yang dihasilkan adalah sebesar 2,86 cm/pixel. Peta foto udara yang dihasilkan juga dilengkapi dengan informasi penting seperti garis pantai, vegetasi pantai, dan aktivitas manusia di sekitar pantai.

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa pantai Sarakan di Desa Tambaksari memiliki kondisi fisik yang tidak baik (Gambar 5). Terdapat beberapa daerah yang terkena abrasi dan erosi yang cukup parah, terutama di bagian utara pantai. Selain itu, terdapat pula beberapa daerah yang rawan terkena banjir, khususnya di daerah

yang terletak di sekitar muara sungai. Vegetasi pantai di sekitar pantai Sarakan juga tidak baik, terutama di daerah yang terletak di sebelah selatan pantai.



Gambar 5 Salah Satu Peta Foto Udara (Drone) Kondisi Fisik Lokasi PKM

Peta foto udara yang dihasilkan dari kegiatan ini dapat menjadi dasar bagi pemerintah setempat dalam merencanakan pengelolaan pantai yang lebih baik dan berkelanjutan. Selain itu, hasil dari kegiatan ini juga dapat menjadi rujukan bagi penelitian-penelitian selanjutnya mengenai kondisi fisik pantai di wilayah tersebut.

Evaluasi dan Tindak lanjut

Sistem monitoring yang disosialisasikan dan dilaksanakan hingga saat ini masih berlangsung. Sebagaimana yang diilustrasikan pada Gambar 2, karena fondasi kegiatan bersifat partisipatif, maka keterlibatan program studi sangat bergantung pada bagaimana arus data yang dikirimkan oleh para anggota POKMAS/I. Selain Desa Tirtajaya sebagaimana diterangkan pada sub bahasan sebelumnya, bersamaan dengan disusunnya manuskrip ini, juga tengah dan akan dilaksanakan pemetaan partisipatif berbasis *drone* di beberapa desa peserta kegiatan.

Selain itu, pada jejaring komunikasi yang sudah terbentuk, komunikasi, konsultasi dan diskusi juga terus berjalan sesuai dinamika lokasi masing-masing

peserta kegiatan. Pada tahun berikutnya, kegiatan akan difokuskan pada peningkatan keterampilan, sebagai bagian dari pelaksanaan *Smart Fisheries Village* yang menjadi program prioritas Kementerian Kelautan dan Perikanan di bidang pengembangan sumber daya kelautan dan perikanan.

SIMPULAN

Berdasarkan kegiatan PkM yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa melalui penyuluhan yang dilakukan, masyarakat akhirnya mengetahui kondisi dinamika pesisir Kabupaten Karawang. Selain itu, keterampilan masyarakat peserta kegiatan juga meningkat dalam hal pemanfaatan teknologi untuk monitoring Kawasan pesisir. Kemudian, melalui jejaring komunikasi melalui platform sosial media, kegiatan monitoring dapat dipantau dengan akurat dan cepat, sehingga masyarakat yang memerlukan, terdukung dengan riset kolaboratif berupa pemetaan menggunakan *drone*.

Hingga saat ini, kelompok masyarakat yang terlibat antusias untuk secara proaktif menghubungi program studi untuk berkoordinasi seputar kebutuhan monitoring di lapangan, khususnya dalam penggunaan *drone*. Diharapkan penggunaan teknologi *drone* dapat terus dikembangkan dan ditingkatkan agar dapat memberikan manfaat yang lebih besar dalam kerja kolaboratif bersama masyarakat dalam menjaga keberlanjutan lingkungan pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, A. H., Setiawan, M. I., & Maulana, I. (2020). Application of unmanned aerial vehicle (UAV) technology in monitoring coastal changes in Bantul Regency, Yogyakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 463(1), 012020.
- Briggs, R. D., Jones, M., & Robbins, B. D. (2017). *Use of unmanned aerial systems for coastal environmental monitoring*. In *Coastal Environmental Monitoring* (pp. 149-170). Elsevier.
- Bryson, M., O'Mahony, T., & Costa, M. (2019). Drones for coastal monitoring: A review of current applications and future potential. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 235, 106545.
- Chowdhury, M. S., Hasan, M. R., & Alam, A. T. M. M. (2017). Application of remote sensing and GIS for coastal zone management in Bangladesh. *A review. Ocean & Coastal Management*, 145, 14-26.

- Klemas, V. (2013). *Remote sensing of coastal environments*. Springer Science & Business Media.
- Kristiyono, A. D. (2017). Potensi perguruan tinggi dalam mendukung pelestarian kawasan pesisir. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 23(2), 133-140. <https://doi.org/10.22146/jpkm.22726>
- Mustafa, S., Idris, M. I., Alias, A., Azmi, M. S. M., & Othman, R. (2021). Adoption of technology in rural coastal communities: A review of the literature. *Journal of Environmental Management*, 282, 111982.
- Niken, V. M. (2020). Kelompok pengawas dan pelestari alam di taman nasional komodo: suatu upaya konservasi keanekaragaman hayati dengan partisipasi masyarakat. *Prosiding Seminar Nasional Biologi dan Pembelajarannya*, 7(1), 249-256. <https://doi.org/10.21009/06.SNBP2.V7.01.21>
- Nugraha, A. F., & Susanto, A. (2020). Kolaborasi dalam penataan kawasan pesisir pada wilayah studi universitas diponegoro semarang. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 16(3), 323-337. <https://doi.org/10.14710/pwk.v16i3.29768>
- Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 2018 tentang Pengelolaan Kawasan Konservasi.
- Pramudyo, B., Wardani, L. K., & Riyadi, M. A. A. (2018). Pemetaan kawasan pesisir menggunakan teknologi drone. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2), 403-412.
- Roelfsema, C., Kovacs, E., Phinn, S., & Saunders, M. (2015). Improving mapping of shallow coral reefs through multiple remote sensing data integration. *International Journal of Remote Sensing*, 36(5), 1245-1264.
- Roff, J. C., Doropoulos, C., Rogers, A. A., Bozec, Y. M., Krueck, N. C., Aurellado, E., ... & Mumby, P. J. (2016). The ecological role of sharks on coral reefs. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(5), 395-407.
- Santos, M. J., Barrera, J. A., Martínez, S., & López, J. M. (2019). Use of drones for the assessment of coastline dynamics: A review. *Water*, 11(11), 2317.
- Santoso, A. B., Susilo, B., & Pramono, D. A. (2021). Pemanfaatan drone dan aplikasi GIS untuk monitoring kawasan konservasi dan rehabilitasi pesisir. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 29(1), 1-12. <https://doi.org/10.14710/jikp.29.1.1-12>
- Sewiko, R., & Sagala, H. A. M. U. (2022). The use of drone and visible atmospherically resistant index (vari) algorithm implementation in mangrove ecosystem health's monitoring. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 5(3), 322-329.
- Sewiko, R., Sagala, H. A. M. U., & Pattirane, C. P. (2022). Identifikasi spesies mangrove dengan menggunakan sistem pesawat udara kecil tanpa awak di kawasan ekosistem mangrove sedari, kabupaten karawang, jawa barat. *NEKTON: Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 42-53.
- Singh, A., Arora, R., & Chauhan, A. (2020). Application of unmanned aerial vehicles for mapping of coastal areas: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(11), 691. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08655-0>
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.