



Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime



Alamat Jurnal: <https://ejournal.upi.edu/index.php/kemaritiman>

Analisis Temporal Mangrove di Kota Bandar Lampung sebagai Penunjang Sektor Logistik Kelautan

Muchamad Hartanto^{1*}, Della Ayu Lestari², La Ode Alam Minsaris³, Taufiq Ejaz Ahmad³, Dhea Rahma Azhari³,
Amien Rais³, Wenny Ananda Larasati¹

¹Program studi Logistik Kelautan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung 40154, Indonesia

²Program Studi Geografi, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta 13220, Indonesia

³Program Studi Sistem Informasi Kelautan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung 40154, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: muchamad.hartanto@upi.edu

ABSTRACT

This study applies an automatic algorithm method from a geographic information system for mangrove observations in Bandar Lampung City which aims to conduct temporal observations of changes in the area of the ecosystem in Bandar Lampung City so that the information produced can optimally support the marine logistics sector. The conclusion of this study is that mangrove growth shows different fluctuations even though the two observation areas are very close, which indicates that there are other factors that influence the development pattern of mangrove habitats. This variation has the potential to impact the sustainability of the fisheries logistics supply chain, especially because mangroves play an important role as a habitat for fish farming, protecting coastal areas, and supporting the aquatic ecosystem where fishing and distribution activities take place.

© 2025 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 06 01 2025

First Revised 06 11 2025

Accepted 06 20 2025

First Available online 06 26 2025

Publication Date 06 26 2025

Keyword:

Geographic Information System,
Mangrove, Marine Logistics

1. PENDAHULUAN

Mangrove merupakan tumbuhan yang mengalami fluktuasi pertumbuhan dalam setiap waktu nya (Hoffman, S. E., dkk, 2022). Perubahan mangrove terjadi dalam bentuk perubahan luasan (kuantitas) dan perubahan kesehatan setiap individu (kualitas). Perubahan secara negatif pada luasan dan kesehatan nya akan memberikan dampak negatif berupa degradasi lingkungan mangrove (Kankong, P., dkk., 2021). Anomali pertumbuhan sering terjadi pada ekosistem mangrove seperti hilangnya separuh luasan ekosistem, pertumbuhan yang tidak seimbang (Nguyen, H. T. T. dkk., 2021), dan fluktuasi ekstrim pertumbuhan (Samanta, S. dkk., 2021). Untuk merancang sebuah rekayasa dalam mendukung ekosistem mangrove, perencanaan yang baik merupakan hal yang mutlak dibutuhkan (Akbar, M. R., dkk., 2021), namun perencanaan tentunya membutuhkan informasi yang merepresentasikan kenyataan di lapangan.

Perubahan ekosistem mangrove yang terjadi menghasilkan tantangan tersendiri dalam melakukan pengamatan konvensional (Nordin, N. H., dkk., 2022), terlebih jika pengamatan dilaksanakan dalam kurun waktu tertentu, dimana proses pengkategorian data, penyeleksian data, dan kalkulasi data akan dilaksanakan secara berulang dan terus menerus hingga memenuhi rentang waktu pengamatan tertentu (Aljahdali, M. O., dkk., 2021). Hal ini merupakan proses repetisi yang tidak efisien dimana waktu serangkaian proses awal hingga ekstraksi informasi dilaksanakan dalam waktu yang tidak ringkas (Hong, H. T. C., dkk., 2019). Banyaknya data dalam kurun waktu pengamatan tertentu juga memberikan beban komputasi yang mahal sehingga membutuhkan sumber daya manusia yang mampu melakukan serangkaian proses berulang secara teliti untuk menunjang kualitas informasi yang dihasilkan (Islam, M. R., dkk., 2021). Serangkaian kebutuhan ini memberikan gambaran proses yang tidak efektif dan tidak efisien serta membutuhkan biaya yang tidak murah (Do, A. N. T., dkk., 2022).

Algoritma otomatis sistem informasi geografi memberikan keunggulan dalam menghadapi pemrosesan data secara berulang dan mampu melakukan komputasi dengan beban yang tinggi (Mansour, S., dkk., 2020). Tahapan pemrosesan konvensional dikonversi menjadi tahapan otomatis yang terjadi di belakang layar sehingga hasil didapatkan dalam waktu yang lebih singkat dan mengurangi kebutuhan unit komputasi (Vieira, J. G. M. S., dkk., 2019). Secara spesifik pengamatan kesehatan mangrove secara temporal membutuhkan tahapan pendefinisian data yang dibutuhkan (Ahmad, T. E. 2021). Tahapan ini meliputi pemilihan lokasi pengamatan, penetapan waktu pengamatan, dan deklarasi nilai persentase maksimal dari tutupan awan (Lestari, D. A., dkk., 2022). Pada tahapan pemrosesan, tahapan berulang yang perlu dilalui adalah pengunduhan data area yang diamati berdasarkan karakteristik data yang telah didefinisikan, penyeleksian citra yang tidak memiliki awan di atas wilayah pengamatan, perhitungan nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), pengestrakan data, dan visualisasi data (Roy, S., dkk., 2019). Dengan menerapkan algoritma otomatis sistem informasi geografi untuk pemantauan mangrove, maka berbagai tahapan berulang mulai dari pendefinisian data yang dibutuhkan hingga pengestrakan data dan visualisasi dapat dilakukan secara terotomatisasi (Gouhier, M., dkk., 2016).

Mangrove merupakan ekosistem khas pesisir yang berfungsi sebagai penahan abrasi, peredam gelombang laut, dan penstabil sedimen (Lu, Y., dan Wang, L. 2021), (Vieira, L. R., dkk., 2021). Fungsi-fungsi ini secara langsung berkaitan dengan keberlangsungan infrastruktur logistik kelautan seperti pelabuhan, dermaga, dan jalur distribusi laut (Parman, R. P., dkk., 2022) (Cárdenas, N. Y., dkk., 2017). Ekosistem mangrove yang sehat mampu mengurangi risiko kerusakan fisik pada infrastruktur akibat erosi atau bencana hidro meteorologi sehingga mendukung efisiensi dan keberlanjutan kegiatan logistik (Navarro, J. A.,

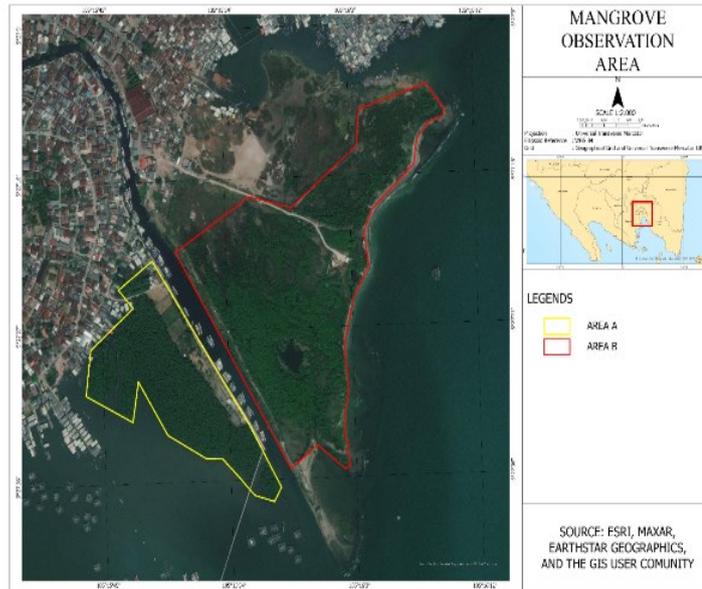
dkk., 2019). Selain itu, mangrove juga berperan sebagai habitat penting bagi berbagai biota laut yang bernilai ekonomi tinggi seperti ikan, udang, dan kepiting (R. Azhar, dkk., 2021). Keberadaan spesies ini mendukung sektor perikanan tangkap maupun budidaya yang menjadi komoditas utama dalam rantai pasok logistik kelautan (Pham, L. T. H., dkk., 2019). Dengan kata lain, degradasi mangrove bukan hanya berdampak pada aspek lingkungan, tetapi juga dapat mengganggu keberlanjutan pasokan dalam sistem logistik ikan (Pham, T. D., dkk., 2019). Tujuan riset ini adalah melakukan pengamatan temporal untuk mengetahui dampak perubahan luasan ekosistem mangrove di Kota Bandar Lampung terhadap sektor logistik kelautan.

2. METODE

Dengan menghasilkan informasi dari pengamatan pada area spesifik di permukaan bumi secara temporal, pemanfaatan teknologi sistem informasi geografi (SIG) sangat *superior* terutama untuk pemantauan dalam kurun waktu tertentu dan luasan spesifik yang tidak memungkinkan untuk dilaksanakan pengawasan manual secara berkelanjutan (Akbar, M. R., dkk., S. 2020). Dengan menggunakan SIG, koleksi data dan olah data dapat dilaksanakan dalam waktu yang singkat (Lestari, D. A., dkk., 2021). Riset ini menggunakan SIG yang dikembangkan ke dalam pendekatan algoritma terotomatisasi sehingga waktu dan beban kerja dapat direduksi secara signifikan (Ginantra, I. K., dkk., 2018).

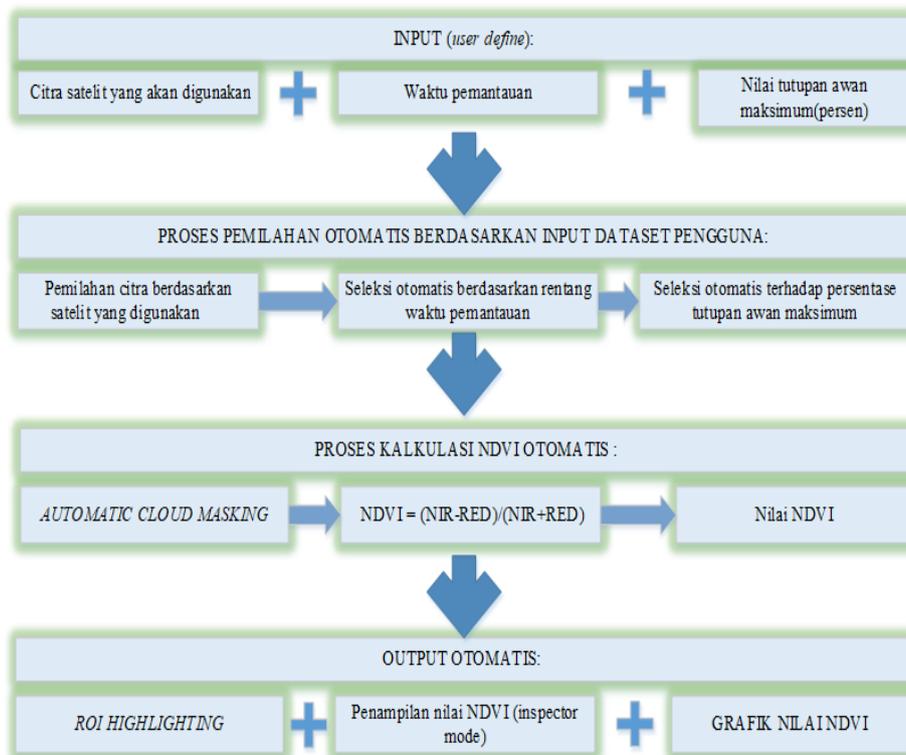
Algoritma yang optimal digunakan untuk melakukan pemantauan vegetasi adalah NDVI. Algoritma ini memberikan bentangan nilai dari hasil normalisasi nilai reflektansi gelombang *near infrared* dan *red*. Kedua *wave length* ini dapat dikombinasikan untuk mendapatkan reflektansi dari tumbuhan hijau (Langat, P. K., dkk., 2019). Hasil yang diberikan adalah indeks kerapatan tumbuhan dari seberapa banyak klorofil hijau menutupi sebuah lahan dimana semakin tinggi konsentrasi klorofil hijau maka nilai NDVI akan semakin tinggi (Rahmadi, M. T., dkk., 2021). Klorofil hijau dapat mengindikasikan tingkat kesehatan pada suatu lingkungan hijau, sehingga nilai NDVI dapat merepresentasikan tingkatan kesehatan vegetasi hijau.

Algoritma GIS terotomastisasi pada penelitian ini diterapkan di dalam ekosistem komputasi awan pada *Google Earth Engine* (Vo, Q. T., dkk., 2012). Tahapan pertama pada algoritma ini adalah deklarasi awal terhadap parameter *input* yang digunakan dalam proses otomatisasi berupa jenis citra satelit yang akan digunakan dengan waktu pemantauan dan nilai tutupan awan maksimum yang ditoleransi (Chakraborty, A., dkk., 2018). Tahapan kedua dari pengolahan data adalah tahapan *sorting* dan pemilihan otomatis dari *input* yang telah dideklarasikan oleh pengguna. Selanjutnya adalah melakukan perhitungan otomatis yang terdiri atas *pixel cloud masking*, dan *NDVI calculation* (Barnuevo, A., dan Asaeda, T. 2018). Pada tahapan terakhir, *output* akan dihasilkan secara otomatis berupa *highlight ROI*, *NDVI value display*, dan *NDVI value chart* (**Gambar 1**).



Gambar 1. Area Observasi Mangrove

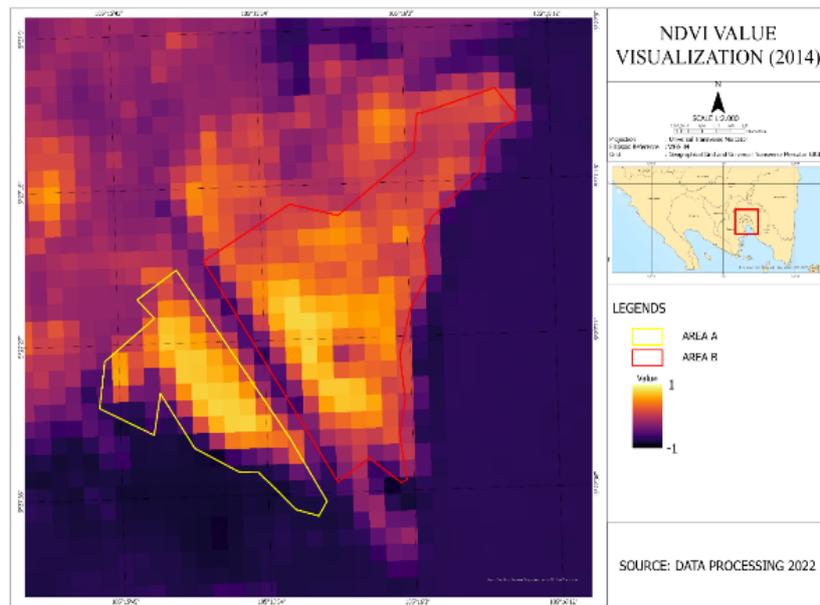
Input dari algoritma otomatis sistem informasi geografi pada penelitian ini adalah lokasi pemantauan yang berada di ekosistem mangrove pada pesisir kecamatan teluk betung barat (Rahmadi, M. T., dkk., 2021). Waktu pemantauan yang dilaksanakan dimulai dari tahun 2014-01-01 sampai dengan 2021-12-31, dan persentase toleransiutupan awan maksimum sebesar 20%, dengan citra *Landsat 8*. Area pengamatan dibagi menjadi dua ROI, hal ini diakrenakan adanya batasan antara kedua ROI berupa estuari dan bertujuan untuk melihat adanya kemungkinan perbedaan pola perkembangan dan kesehatan mangrove (**Gambar 2**).



Gambar 2. Algoritma Otomatis GIS dalam Srea Mangrove

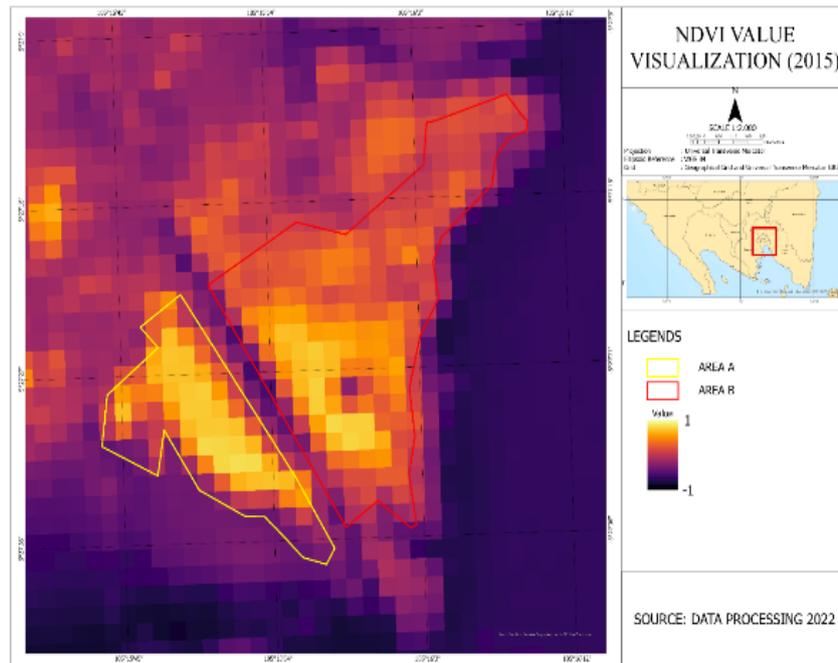
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan mangrove pada tahun 2014 menunjukkan nilai start yang didominasi oleh area A pada nilai NDVI dengan nilai 0,54 yang dibandingkan dengan area B dengan nilai 0,40 (**Gambar 3**). Luasan dengan kuantitas tertinggi dimiliki oleh area mangrove B yang tidak sehat dengan luasan sebesar 11,16 ha. Area mangrove sehat dengan luasan tertinggi juga dimiliki oleh area B dengan luasan sebesar 5,31 ha yang dibandingkan dengan luasan area A dengan mangrove sehat seluas 3,24 ha (**Gambar 4**). Area A dan B memiliki kesamaan dalam perkembangan luasan pada tahun ini dimana keduanya didominasi oleh luasan dengan mangrove yang tidak sehat. Dalam visualisasi dapat dilihat bahwa area A memiliki sebaran dengan mangrove yang lebih sehat yang ditandai dengan intensitas warna kuning yang lebih terang pada area A dibandingkan dengan area B (**Gambar 3**).



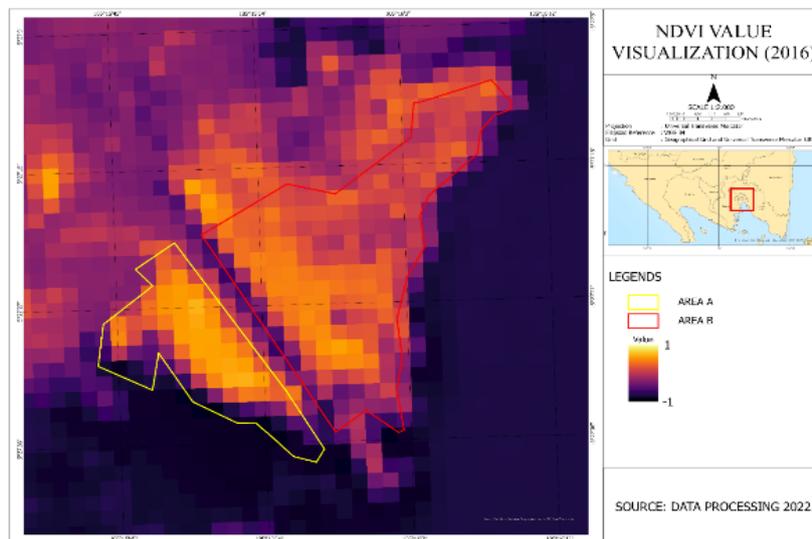
Gambar 3. Visualisasi 2014

Pada tahun 2015, pertumbuhan mangrove pada area mengalami kenaikan nilai NDVI sebesar 0,07 menjadi 0,61, sehingga terjadi perkembangan positif, hal ini berkebalikan dengan area B yang mengalami pertumbuhan negatif sebesar 0,04 menjadi 0,36 (**Gambar 4**). Pola perkembangan nilai NDVI memiliki kesamaan dengan perkembangan luasan mangrove, dimana area A dengan mangrove sehat mengalami peningkatan luasan dan mengurangi luasan mangrove tidak sehat seluas 0,45 ha, sedangkan untuk area B mengalami penurunan luasan sebesar 0,54 ha (**Gambar 5**). Dalam visualisasi nilai NDVI, terlihat bahwa area A mengalami peningkatan area dengan warna kuning yang lebih terang, dibandingkan dengan area B yang mengalami penurunan nilai NDVI sehingga semakin banyak pixel yang berwarna kuning pucat (**Gambar 4**).



Gambar 4. Visualisasi 2015

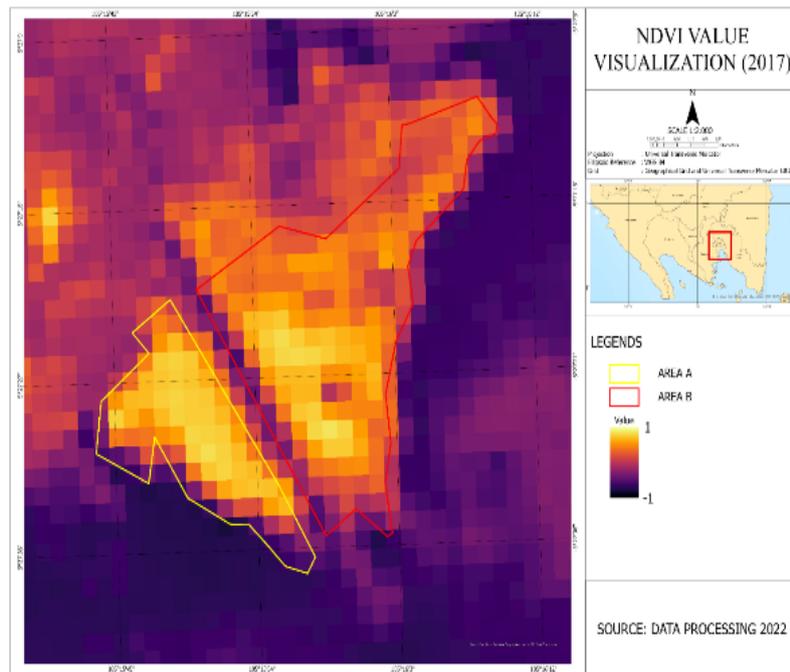
Pada tahun 2016, area A mengalami penurunan nilai NDVI sebesar 0,07 dan area B mengalami peningkatan nilai NDVI sebesar 0,11 (**Gambar 5**), dan pada grafik luasan mangrove sehat dan tidak sehat, area A mengalami penurunan luasan sebesar 0,09 ha, dan area B mengalami peningkatan luasan dengan signifikan sebesar 1,26 ha (**Gambar 6**). Pada visualisasi nilai NDVI, area A mengalami penurunan luasan pada pixel dengan warna kuning (**Gambar 5**).



Gambar 5. Visualisasi 2016

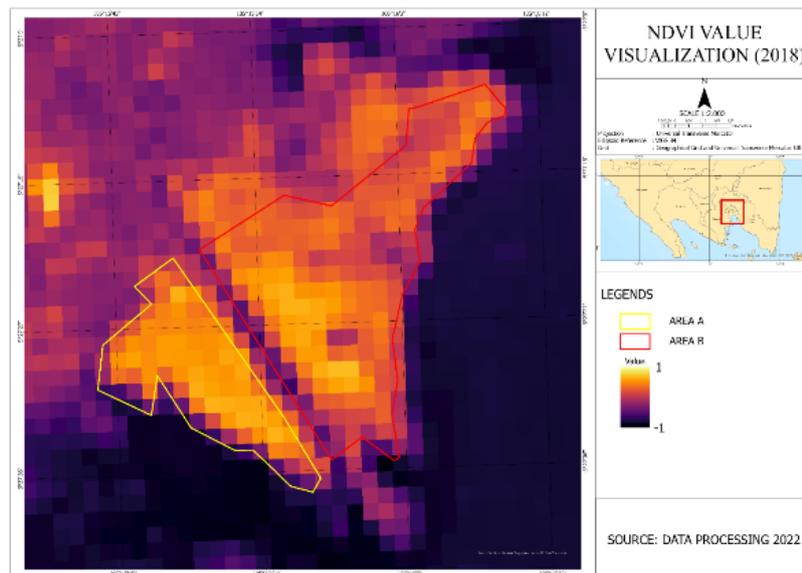
Pada tahun 2017, perkembangan terbalik pada area A dan area B masih terjadi, dimana area A mengalami peningkatan nilai NDVI sebesar 0,04 dan area B mengalami penurunan sebesar 0,07 (**Gambar 6**), pada luasan mangrove, kedua wilayah mengalami peningkatan luasan pada wilayah dengan mangrove sehat, pada area A peningkatan yang terjadi seluas

0,17 ha dan pada area B seluas 2,53 ha (**Gambar 7**). Pada visualisasi kedua area mengalami peningkatan jumlah pixel dengan warna kuning terang (**Gambar 6**).



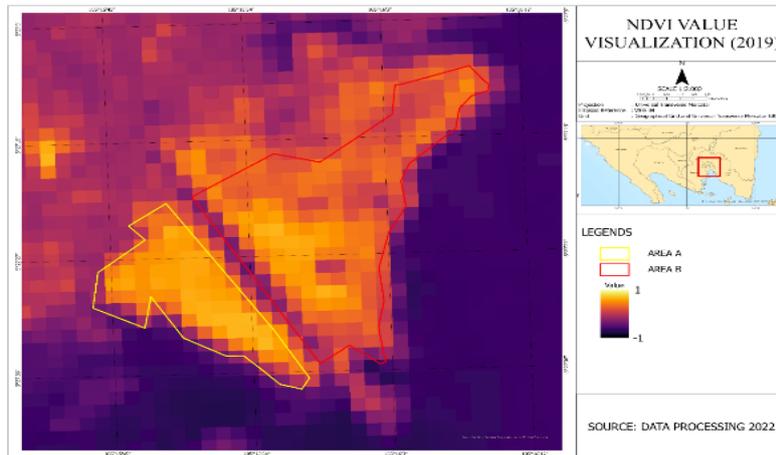
Gambar 6. Visualisasi 2017

Pada tahun 2018, area A mengalami penurunan nilai NDVI sebesar 0,08 dan area B mengalami peningkatan nilai sebesar 0,04 (**Gambar 7**). Pada perkembangan luasan, area A mengalami peningkatan pada luasan dengan mangrove tidak sehat sebesar 0,03 ha, dan area B mengalami peningkatan pada luasan mangrove tidak sehat sebesar 2,79 ha (**Gambar 8**). Pada visualisasi terlihat ada penambahan pixel dengan warna kuning gelap yang sebelumnya berwarna kuning terang (**Gambar 7**).



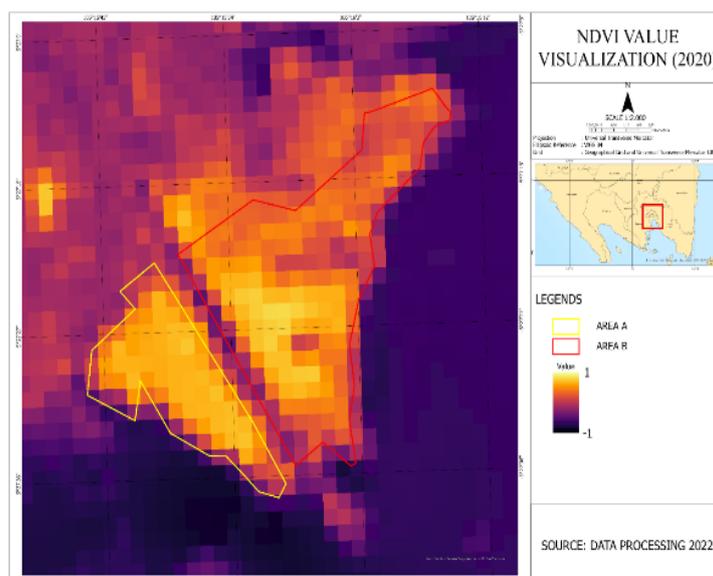
Gambar 7. Visualisasi 2018

Pada tahun 2019, nilai NDVI pada area A memberikan besaran yang sama dengan pengamatan pada tahun 2018 yaitu sebesar 0,50, dan pada area B terjadi peningkatan yang sangat minim sebesar 0,01 (**Gambar 8**), pada tahun ini kedua area mengalami peningkatan luasan dengan tutupan lahan mangrove yang kurang sehat. Pada area A, peningkatan terjadi seluas 0,06 ha dan pada area B seluas 2,25 ha (**Gambar 9**). Pada visualisasi peta, terlihat bahwa area dengan pixel berwarna kuning pucat menjadi lebih banyak dibandingkan dengan tahun sebelumnya (**Gambar 8**).



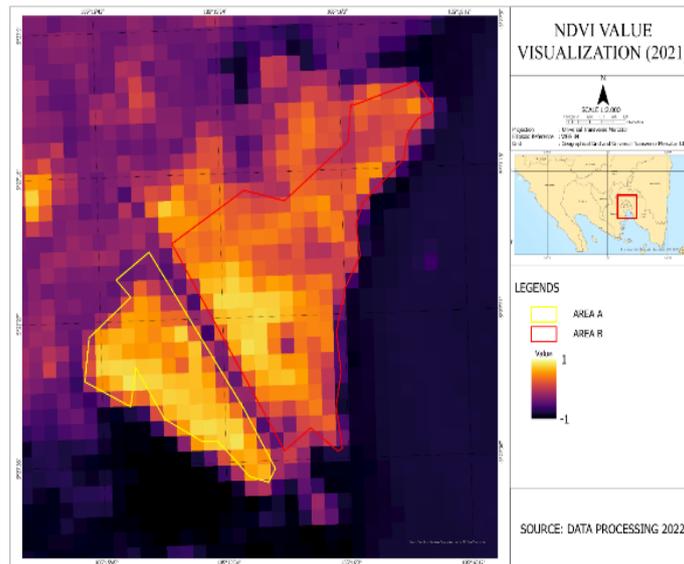
Gambar 8. Visualisasi 2019

Pada tahun 2020, area A memiliki nilai NDVI yang sama sebesar 0,50, sedangkan pada area B terjadi penurunan sebesar 0,02 (**Gambar 9**), terjadi peningkatan luasan dengan tutupan lahan mangrove sehat pada kedua area, pada area A terjadi peningkatan seluas 0,54 ha, dan pada area B terjadi peningkatan drastis seluas 7,2 ha (**Gambar 10**). Pada visualisasi peta, terlihat bahwa terjadi peningkatan jumlah pixel dengan warna kuning terlebih pada area B (**Gambar 9**).



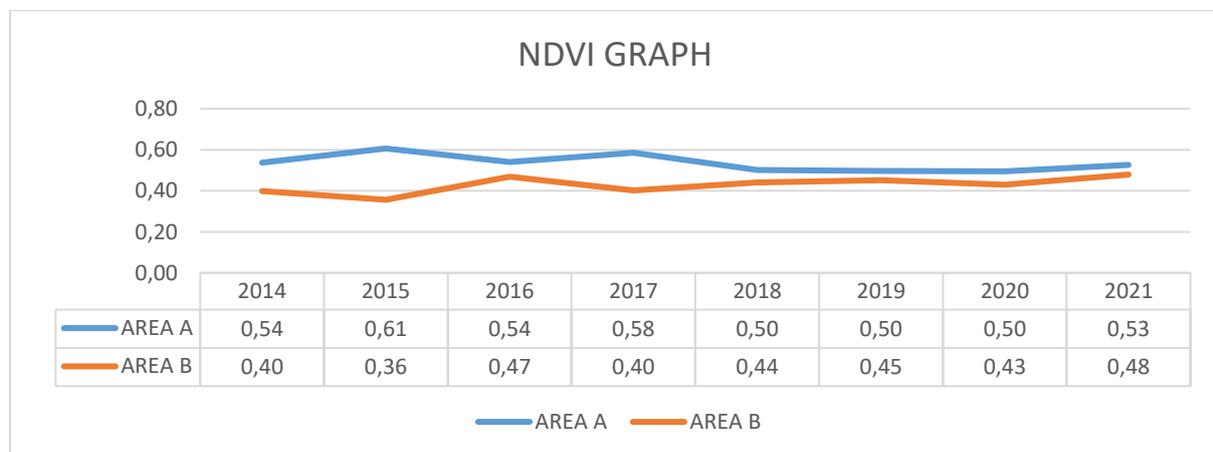
Gambar 9. Visualisasi 2020

Pada tahun 2021, kedua area pengamatan mengalami peningkatan nilai NDVI, dimana pada area A peningkatan terjadi sebesar 0,03 dan pada area B sebesar 0,05 (**Gambar 10**), sedangkan pada perkembangan luasan area A mengalami peningkatan sebesar 0,72 ha dan pada area B terjadi peningkatan pada luasan dengan tutupan lahan mangrove tidak sehat seluas 2,71 ha (**Gambar 11**). Pada visualisasi, terjadi peningkatan jumlah pixel dengan warna kuning terang pada area A dan penurunan pada area B (**Gambar 10**).



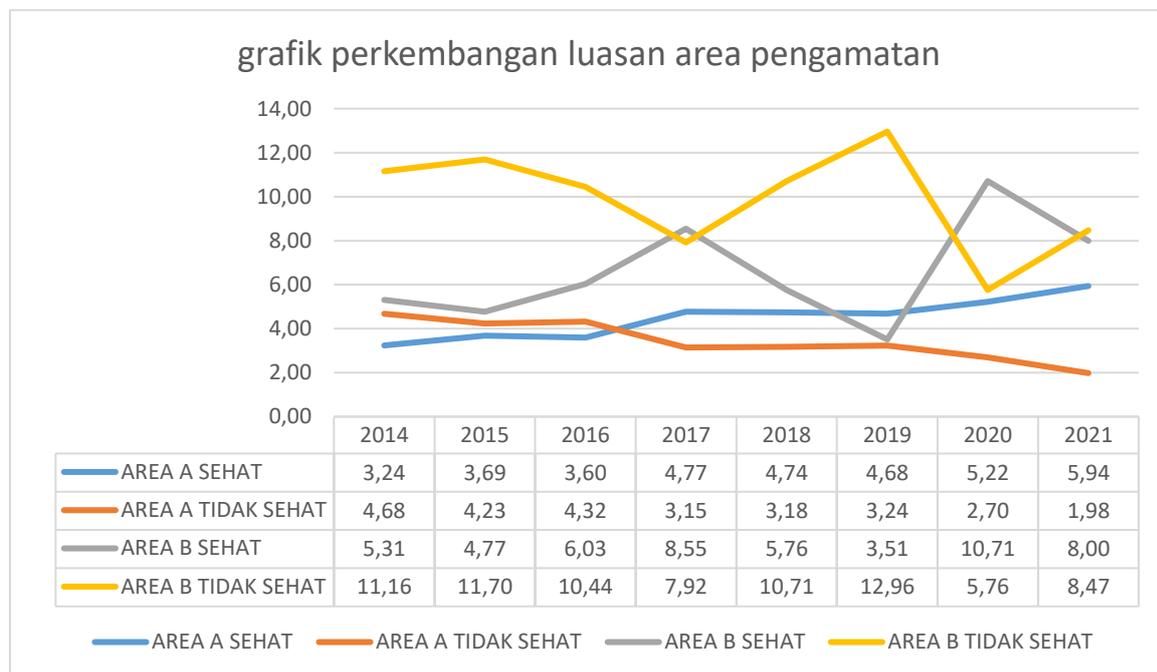
Gambar 10. Visualisasi 2021

Perkembangan dari kedua area mangrove memiliki keunikan masing-masing, pada perkembangan nilai NDVI, kedua area (area A dan area B) memiliki pola pertumbuhan yang berbanding terbalik satu sama lain, hal ini terus terjadi hingga tahun 2018, dan kemudian mulai berbanding lurus (**Gambar 11**). Pada perkembangan luasan, kedua area memiliki luasan dengan mangrove yang sehat dengan nilai NDVI > 0,3 dan mangrove yang tidak sehat dengan nilai NDVI < 0,3 dimana luasan mangrove yang sehat memiliki warna lebih gelap dan luasan mangrove yang tidak sehat dengan warna yang lebih terang pada visualisasi peta (**Gambar 3 - Gambar 10**).



Gambar 11. Grafik Fluktuasi NDVI

Kedua area pengamatan memiliki pola perkembangan luasan lahan yang unik, dimana area B memiliki fluktuasi yang tinggi, sementara area A lebih stabil (**Gambar 12**). Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor internal ekosistem mangrove dan eksternal dari ekosistem mangrove, namun kedua area memiliki jarak yang sangat dekat, hanya terpisah oleh estuari. hadirnya variabilitas kondisi mangrove yang berfluktuasi juga terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh dimana faktor pemisah ekosistem seperti estuari dan hadirnya permukiman warga terdekat memberikan dampak pada kondisi ekosistem, hal ini disebabkan oleh kemampuan ekosistem dalam menyerap nutrisi, substrat tanah yang dipengaruhi aliran estuari, serta tekanan dari kegiatan antropogenik oleh aktivitas harian manusia yang tinggal di wilayah setempat.



Gambar 12. Grafik Fluktuasi Luasan Mangrove

Dengan diketahuinya kemungkinan dari faktor lain yang mempengaruhi perkembangan mangrove yang terjadi pada kedua area pengamatan, penelitian lanjutan perlu dilaksanakan untuk memberikan informasi berkenaan dengan penyebab fluktuasi kesehatan dan luasan mangrove yang terjadi. Pada penelitian ini kami menyatakan ketidakhadiran faktor kepentingan apapun dan konflik kepentingan yang mendatang dapat ditimbulkan atas analisis yang dihasilkan artikel ini. Pertumbuhan mangrove menunjukkan fluktuasi yang berbeda meskipun kedua wilayah pengamatan berada dalam jarak yang sangat dekat, yang mengindikasikan adanya faktor lain yang mempengaruhi pola perkembangan habitat mangrove. Variasi ini berpotensi berdampak pada keberlangsungan rantai pasok logistik perikanan, khususnya karena mangrove berperan penting sebagai habitat pembesaran ikan, pelindung kawasan pesisir, dan penyangga ekosistem perairan tempat kegiatan penangkapan dan distribusi hasil perikanan berlangsung.

Secara umum, ekosistem mangrove yang sehat dikenal sebagai habitat penting bagi berbagai spesies ikan dan organisme laut lainnya, menyediakan tempat berlindung, mencari makan, dan berkembang biak (Polidoro, B. A., dkk., 2010). Oleh karena itu, perubahan kesehatan atau luasan mangrove dapat berdampak pada populasi ikan, yang pada gilirannya

dapat mempengaruhi logistik ikan seperti ketersediaan tangkapan ikan dan rute penangkapan ikan (Primavera, J.H. 1998). Penurunan kualitas kesehatan mangrove memiliki dampak signifikan terhadap logistik ikan di ekosistem pesisir (Blaber, S.J.M. 2000). Mangrove berfungsi sebagai habitat penting bagi berbagai tahap siklus hidup ikan, termasuk sebagai tempat pemijahan, pembesaran, dan perlindungan dari predator. Ketika kualitas mangrove menurun akibat degradasi lingkungan, polusi, atau konversi lahan, kapasitas mangrove untuk menyediakan habitat yang aman dan sumber makanan berkurang (Langat, P. K., dkk., 2019). Dengan hilangnya habitat pemijahan dan *nursery*, reproduksi ikan terganggu sehingga populasi ikan menurun (Nagelkerken, I., dkk., 2008). Mangrove menyediakan makanan dan tempat berlindung bagi berbagai invertebrata dan organisme kecil yang menjadi bahan makanan ikan (Mumby, P. J., dkk., 2004). Penurunan kualitas mangrove mengganggu rantai makanan ini dan memengaruhi ketersediaan makanan bagi ikan (Alongi, D. M., 2008). Kualitas habitat mangrove yang menurun dapat menyebabkan berkurangnya spesies ikan yang dapat bertahan, sehingga menurunkan keanekaragaman hayati di perairan sekitar mangrove sehingga penurunan populasi ikan langsung berdampak pada hasil tangkapan nelayan yang bergantung pada ekosistem mangrove.

4. KESIMPULAN

Penerapan algoritma sistem informasi geografi (SIG) otomatis untuk melakukan pengamatan vegetasi pada wilayah pengamatan mangrove di pesisir Kota Bandar Lampung, waktu pemrosesan dan kebutuhan unit komputasi menjadi lebih efektif dan efisien karena *output* akan dihasilkan secara otomatis. Pertumbuhan mangrove menunjukkan fluktuasi yang berbeda meskipun kedua wilayah pengamatan berada dalam jarak yang sangat dekat, yang mengindikasikan adanya faktor lain yang mempengaruhi pola perkembangan habitat mangrove.

Penurunan kualitas kesehatan mangrove berpotensi berdampak pada keberlangsungan rantai pasok logistik perikanan, khususnya karena mangrove berperan penting sebagai habitat pembesaran ikan, pelindung kawasan pesisir, dan penyangga ekosistem perairan tempat kegiatan penangkapan dan distribusi hasil perikanan berlangsung. Penurunan tersebut dapat mengganggu rantai makanan ini dan memengaruhi ketersediaan makanan bagi ikan. Kualitas habitat mangrove yang menurun dapat menyebabkan berkurangnya spesies ikan yang dapat bertahan, sehingga menurunkan keanekaragaman hayati di perairan sekitar mangrove sehingga penurunan populasi ikan langsung berdampak pada hasil tangkapan nelayan yang bergantung pada ekosistem mangrove.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T. E. (2021). Penggunaan Iso Cluster Unsupervised Classification Dalam Mengenal Garis Pantai, Studi Kasus: Rarowatu Utara, Sulawesi Tenggara. *Proceeding Semin. Nas. Ilmu Komput.*, 1(1): 53–69.
- Akbar, M. R., Abimanyu, A., Faid, G. M., Izza, M. Y. N., As-syahira, Z. N., & Febriani, C. (2021). Suitability analysis of mangrove conversation areas in Mundu District, Cirebon Regency using Geographic Information Systems (GIS). *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 944(1): 12040.
- Akbar, M. R., Arisanto, P. A. A., Sukirno, B. A., Merdeka, P. H., Priadhi, M. M., & Zallesa, S. (2020). Mangrove vegetation health index analysis by implementing NDVI (normalized

- difference vegetation index) classification method on sentinel-2 image data case study: Segara Anakan, Kabupaten Cilacap. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 584(1): 012069.
- Aljahdali, M. O., Munawar, S., & Khan, W. R. (2021). Monitoring Mangrove Forest Degradation and Regeneration: Landsat Time Series Analysis of Moisture and Vegetation Indices at Rabigh Lagoon, Red Sea. *Forests*, 12(1): 0052.
- Alongi, D. M. (2008). Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1), 1-13.
- Azhar, R., Rusdi, M., Irham, M., & Fuadi, A. (2021). Spatial distribution of mangrove using a geographic information system in Aceh Besar. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 674(1): 12024.
- Barnuevo, A., & Asaeda, T. (2018). Integrating the ecophysiology and biochemical stress indicators into the paradigm of mangrove ecology and a rehabilitation blueprint. *PLoS One*, 13(8): e0202227.
- Blaber, S.J.M. (2000). *Tropical Estuarine Fishes: Ecology, Exploitation and Conservation*. Blackwell Science.
- Budiarto, A., Adrianto, L., & Kamal, M. (2015). Status Pengelolaan Perikanan Rajungan (*Portunus pelagicus*) dengan Pendekatan Ekosistem di Laut Jawa (WPPNRI 712). *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 7(1): 9-24.
- Cárdenas, N. Y., Joyce, K. E., & Maier, S. W. (2017). Monitoring mangrove forests: Are we taking full advantage of technology?. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 63: 1–14.
- Chakraborty, A., Seshasai, M. V. R., Reddy, C. S., & Dadhwal, V. K. (2018). Persistent negative changes in seasonal greenness over different forest types of India using MODIS time series NDVI data (2001–2014). *Ecol. Indic.*, 85: 887–903.
- Do, A. N. T., Tran, H. D., Ashley, M., & Nguyen, A. T. (2022). Monitoring landscape fragmentation and aboveground biomass estimation in Can Gio Mangrove Biosphere Reserve over the past 20 years. *Ecol. Inform.*, 70: 101743.
- Ginantra, I. K., Suaskara, I. B. M., & Joni, M. (2018). Diversity of mangrove plant for support ecotourism activities in Nature Conservation Forum Putri Menjangan, Pejarakan Buleleng-Bali. *J. Environ. Manag. Tour.*, 9(5): 987–994.
- Gouhier, M., Guéhenneux, Y., Labazuy, P., Cacault, P., Decriem, J., & Rivet, S. (2016). HOTVOLC: A web-based monitoring system for volcanic hot spots. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 426(1): 223–241.
- Hoffman, S. E., Devlin, D. J., & Proffitt, C. E. (2022). Maternal Nutrient History Enhances Black Mangrove (*Avicennia germinans*) Seedling Growth After Propagules Experience a Hard Freeze. *Estuaries and Coasts*.
- Hong, H. T. C., Avtar, R., & Fujii, M. (2019). Monitoring changes in land use and distribution of mangroves in the southeastern part of the Mekong River Delta, Vietnam. *Trop. Ecol.*, 60(4): 552–565.
- Islam, M. R., Khan, M. N. I., Khan, M. Z., & Roy, B. (2021). Three decade assessment of forest cover changes in Nijhum Dwip National Park using remote sensing and GIS. *Environ. Challenges*, 4: 100162.
- Kankong, P., Pongparn, S., Komiyama, A., Rodtassana, C., & Pravinvongvuthi T. (2021). Leaf phenology and trunk growth of *Avicennia alba* (Blume) under a seasonally fluctuating saline environment in the tropical monsoon area of eastern Thailand. *Ecol. Res.*, 36(5): 854–865.
- Langat, P. K., Kumar, L., & Koech, R. (2019). Monitoring river channel dynamics using remote sensing and GIS techniques. *Geomorphology*, 325: 92–102.

- Lestari, D. A., Arifin, W. A., Fitriyari, N. S., Ahmad, T. E., Rais, A., & Azhari, D. R. (2022). Automatic Geographic Information System algorithm for temporal mangrove observation: A case study in Gopek Beach, North Banten. *J. Pendidik. Geogr. Kajian, Teor. dan Prakt. dalam Bid. Pendidik. dan Ilmu Geogr.*, 27(2): 163–174.
- Lestari, D. A., Fitriyari, N. S., Ahmad, T. E., Rais, A., & Azhari, D. R. (2021). Geographical influence on Tsunami Predictions in Pandeglang Regency, West Java, Indonesia. *Forum Geografi*, 35(1): 12367.
- Lu, Y., & Wang, L. (2021). How to automate timely large-scale mangrove mapping with remote sensing. *Remote Sens. Environ.*, 264: 112584.
- Mansour, S., Al-Belushi, M., & Al-Awadhi, T. (2020). Monitoring land use and land cover changes in the mountainous cities of Oman using GIS and CA-Markov modelling techniques. *Land use policy*, 91: 104414.
- Mumby, P. J., Edwards, A. J., Arias-González, J. E., Lindeman, K. C., Blackwell, P. G., Gall, A., ... & Harborne, A. R. (2004). Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature*, 427(6974), 533-536.
- Nagelkerken, I., Blaber, S. J. M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L. G., ... & Somerfield, P. J. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 155-185.
- Navarro, J. A., Algeet, N., Fernández-Landa, A., Esteban, J., Rodríguez-Noriega, P., & Guillén-Climent, M. L. (2019). Integration of UAV, Sentinel-1, and Sentinel-2 Data for Mangrove Plantation Aboveground Biomass Monitoring in Senegal. *Remote Sensing*, 11(1): 0077.
- Nguyen, H. T. T., et al. (2021). Mangrove Forest Landcover Changes in Coastal Vietnam: A Case Study from 1973 to 2020 in Thanh Hoa and Nghe An Provinces. *Forests*, 12(5): 0637.
- Nordin, N. H., et al. (2022). Monitoring of mangroves changes in Pulau Kukup using geographical information system (GIS). *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 1064(1): 12009.
- Parman, R. P., Kamarudin, N., Ibrahim, F. H., Nuruddin, A. A., Omar, H., & Abdul W. Z. (2022). Geostatistical Analysis of Mangrove Ecosystem Health: Mapping and Modelling of Sampling Uncertainty Using Kriging. *Forests*, 13(8): 1185.
- Pham, L. T. H., Vo, T. Q., Dang, T. D., & Nguyen, U. T. N. (2019). Monitoring mangrove association changes in the Can Gio biosphere reserve and implications for management. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.*, 13: 298–305.
- Pham, T. D., Yokoya, N., Bui, D. T., Yoshino, K., & Friess, D. A. (2019). Remote Sensing Approaches for Monitoring Mangrove Species, Structure, and Biomass: Opportunities and Challenges. *Remote Sensing*, 11(3): 0230.
- Polidoro, B. A., Carpenter, K. E., Collins, L., Duke, N. C., Ellison, A. M., Ellison, J. C., ... & Valiela, I. (2010). "The Loss of Species: Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern." *PLoS ONE*, 5(4), e10095.
- Primavera, J.H. (1998). "Mangroves as nurseries: shrimp populations in mangrove and non-mangrove habitats." *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46(3), 417-429.
- Rahmadi, M. T., Sugiharto, S., Pinem, M., & Suciani, A. (2021). Analysis of the utilization of landsat 8 oli imagery for mapping the distribution of coral reefs in Pulau Weh Sabang. *Depik*, 10(2): 161–166.
- Roy, S., Mahapatra, M., & Chakraborty, A. (2019). Mapping and monitoring of mangrove along the Odisha coast based on remote sensing and GIS techniques. *Model. Earth Syst. Environ.*, 5(1): 217–226.
- Samanta, S., et al. (2021). Assessment and Attribution of Mangrove Forest Changes in the Indian Sundarbans from 2000 to 2020. *Remote Sens.*, 13(24): 4957.

- Vieira, J. G. M. S., Salgueiro, J., Soares, A. M. V. da M., Azeiteiro, U., & Morgado, F. (2019). An integrated approach to assess the vulnerability to erosion in mangroves using GIS models in a tropical coastal protected area. *Int. J. Clim. Chang. Strateg. Manag.*, 11(2): 289–307.
- Vieira, L. R., Vieira, J. G., Silva, I. M., Barbieri, E., & Morgado, F. (2021). GIS Models for Vulnerability of Coastal Erosion Assessment in a Tropical Protected Area. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(9): 0598.
- Vo, Q. T., Kuenzer, C., Vo, Q. M., Moder, F., & Oppelt, N. (2012). Review of valuation methods for mangrove ecosystem services. *Ecol. Indic.*, 23: 431–446.