p-ISSN. 2406-9825
e-ISSN. 2614-3178

Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal, 12:2 (August, 2025): 149-153

Acta Aquatica
Aquatic Sciences Journal

Analisis perubahan luasan mangrove tahun 2005-2018 menggunakan Citra Satelit LANDSAT di Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat

Analysis of changes in mangrove cover during 2005-2018 using LANDSAT Satellite Imagery in Pangandaran District

Received: 08 December 2023, Revised: 11 July 2025, Accepted: 13 July 2025
DOI: 10.29103/aa.v12i2.13574

Mega L. Syamsuddin[a*], Shinta[b], Yuli Andriani[c], dan Subiyanto[a]

[1]*Departemen Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran, Sumedang 45363, Indonesia*
[2]*Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran, Sumedang 45363, Indonesia*
[3]*Departemen Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran, Sumedang 45363, Indonesia*

Abstrak

Sistem informasi yang berbasis tinggi dengan menggunakan sistem penginderaan jauh melalui citra satelit dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk memetakan sebaran mangrove. Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Pangandaran, terdiri dari 3 lokasi yaitu Hutan Mangrove Nusa Wiru, Bojong Salawe dan Karang Tirta. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan luasan hutan mangrove dengan pemanfaatan penginderaan jauh. Data yang digunakan untuk menghasilkan perubahan luasan hutan mangrove pada penelitian ini adalah data citra satelit, Landsat. Algoritma yang digunakan adalah NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) untuk mengetahui tingkat kehijauan suatu jenis mangrove. Perubahan keadaan hutan mangrove diamati pada tahun 2005-2007 dan tahun 2016-2018. Berdasarkan analisis tahun 2005 luasan mangrove sebesar 14.723,5 ha, tahun 2006 sebesar 13.426,5 ha dan pada tahun 2007 sebesar 14.629 ha, pada tahun 2016 sebesar 23.079 ha, pada tahun 2017 sebesar 23.990,3 ha dan pada tahun 2018 sebesar 21.594,6 ha. Tahun 2016 menuju tahun 2017 mengalami peningkatan distribusi mangrove sebesar 911.3 ha. Namun pada tahun 2018, distribusi mangrove mengalami penurunan seluas 2.395,7 ha yang disebabkan karena adanya alih fungsi lahan.

Kata kunci: *Landsat; Mangrove; NDVI; Pangandaran*

Abstract

A high-based information system using a remote sensing system through satellite imagery can be used as an alternative to mapping the distribution of mangroves by using satellite technology. This research was conducted in Pangandaran district, including 3 locations, e.g., Nusa Wiru, Bojong Salawe, and Karang Tirta Mangrove Forests. The purpose of this study was to analyze changes in mangrove forest distribution using remote sensing. The data used in this study are satellite image data from Landsat. The algorithm used is NDVI to find out the greenness of a mangrove species. Changes in the state of mangrove cover were observed in 2005-2007 and 2016-2018. Based on the analysis of mangrove cover, it was 14,723.5 ha in 2005, 13,426.5 ha in 2006, and 14,629 ha in 2007. In 2016, the mangrove cover was 23,079 ha, in 2017 it was 23,990.3 ha, and in 2018 it was 21,594.6 ha, respectively. From 2016 to 2017, there was an increase in the distribution of mangrove area by 911.3 ha. However, in 2018, the distribution of mangroves decreased by 2,395.7 ha due to land conversion.

Keywords: Landsat; Mangrove; NDVI; Pangandaran

1. Introduction

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem peralihan antara darat dan laut Piawai et al. (2022) yang berperan penting baik secara fisik, kimia, biologis, ekologis maupun secara ekonomis. Secara fisik, hutan mangrove menjadi daerah pelindung daratan dari pengaruh abrasi. Secara kimia, hutan mangrove berfungsi menyaring bahan pencemar (polutan) terutama bahan-bahan organik. Secara biologis mangrove berperan sebagai daerah asuhan, daerah pemijahan dan daerah mencari makan berbagai jenis ikan, udang dan biota lainnya (Aziz 2003; Fudloly et al., 2020; Harahap et al., 2022). Fenomena pengelolaan ekosistem mangrove secara global yang tidak berubah dan belum dianggap penting menyebabkan kerusakan serius dan dapat berdampak pada potensi perubahan luasan perairan di Indonesia.

** Korespondensi: Departemen Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran, Sumedang 45363, Indonesia*
Tel: +62-22-84288888
e-mail: mega.syamsuddin@unpad.ac.id

Salah satu data yang dapat dimanfaatkan untuk monitoring mangrove adalah data citra satelit penginderaan jarak jauh yang dapat memberikan informasi spasial dan temporal berupa data area, sebaran spesies, kondisi dan juga perubahan populasi Schmitt dan Duke (2015). Informasi jenis mangrove dapat diketahui dengan menggunakan teknologi inderaja yakni pada spektrum tampak dan inframerah (Suwargana, 2008). Untuk mengetahui luasan hutan mangrove, dikembangkan sistem informasi dan penginderaan jauh berteknologi tinggi menggunakan citra satelit yang kemudian dapat diinterpretasikan dalam bentuk peta. Penginderaan jauh dapat dimanfaatkan dalam pemantauan vegetasi mangrove, hal tersebut berdasar pada dua sifat penting yaitu bahwa mangrove mempunyai zat hijau daun (klorofil) dan mangrove tumbuh di wilayah pesisir. Firmansyah et al. (2021) mengungkapkan bahwa data penginderaan jauh efektif untuk interpretasi citra dalam cakupan wilayah mangrove yang luas.

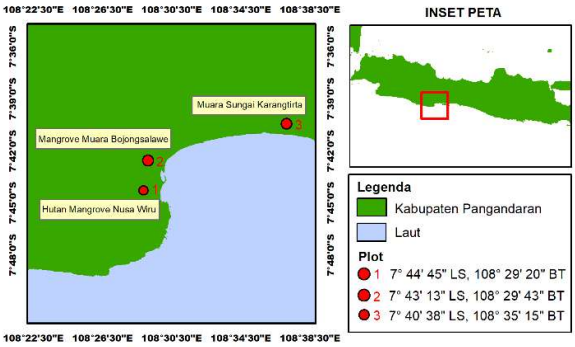
Landsat 8 merupakan salah satu citra satelit yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan luasan mangrove Kuenzer et al. (2011). Akurasi pemetaan yang dihasilkan oleh citra Landsat cenderung berkualitas baik meskipun Landsat memiliki resolusi sedang (Kirui et al., 2013; Roy et al., 2014).

Kecamatan Cijulang merupakan salah satu wilayah pesisir kawasan hutan mangrove di Pantai Pangandaran. Namun, kawasan pesisir Pantai Pangandaran telah mengalami banyak kerusakan yang disebabkan oleh tsunami yang berakibat minimnya ekosistem mangrove di daerah tersebut, sehingga perlu dilakukannya pengelolaan dan pelestarian yang terarah untuk mempertahankan fungsi hutan mangrove. Oleh sebab itu data analisis perubahan luasan mangrove sangatlah dibutuhkan dalam menentukan langkah pengelolaan mangrove di kabupaten Pangandaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan luasan sebaran tutupan mangrove menggunakan citra Landsat (2005, 2006, 2007, 2016, 2017 dan 2018).

2. Materials and Methods

2.1. Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Kabupaten Pangandaran meliputi Hutan Mangrove Nusa Wiru pada posisi 7° 44' 45" LS dan 108° 29' 20" BT, Bojong Salawe pada posisi 7° 43' 13" LS dan 108° 29' 43" BT dan Karang Tirta pada posisi 7° 40' 38" LS dan 108° 35' 15" BT (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian.

2.2. Analisis data

Sebaran laju perubahan di hutan mangrove Nusa Wiru, Bojong Salawe dan Karang tirta didapatkan dari citra satelit Landsat dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V = \frac{N2 - N1}{N1} \; x \; 100$$

Keterangan:

V : Laju perubahan (%)
N1 : Luas tahun pertama (ha)
N2 : Luas tahun ke -n (ha)

Persamaan tersebut digunakan pada 6 (enam) tahun data citra satelit Landsat (2005, 2006, 2007, 2016, 2017, 2018) sehingga diperoleh informasi perubahan laju distribusi mangrove pada tahun tersebut. Metode yang digunakan dalam riset ini adalah metode analisis deskriptif kuantitatif. Metode untuk laju perubahan didapat dari analisis secara tumpang susun (overlay) menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan pendekatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk membedakan objek mangrove dengan non-mangrove.

Nilai NDVI mempunyai rentang antara -1 (minus) hingga 1 (positif). nilai yang mewakili vegetasi berada pada rentang 0.1 hingga 0.7 jika nilai NDVI diatas adalah nilai yang menunjukkan tingkat kesehatan dari tutupan vegetasi yang lebih baik Prahasta (2008). Prinsip dalam perhitungan NDVI bahwa tanaman hijau secara efektif akan menyerap radiasi di daerah spektrum cahaya tampak, dan akan memamtulkan radiasi dari infrared dekat. Konsep pola spektral ini berasal dari prinsip menggunakan citra band merah antara lain yaitu:

$$NDVI = (NIR-Red) / (NIR+Red)$$

Keterangan:
NIR : Radiasi inframerah dekat dari piksel
Red : Radiasi cahaya merah dari piksel
nilai NDVI berkisar dari -1 (yang biasanya air) sampai +1 (vegetasi lebat)

3. Results and Discussion

3.1. Result

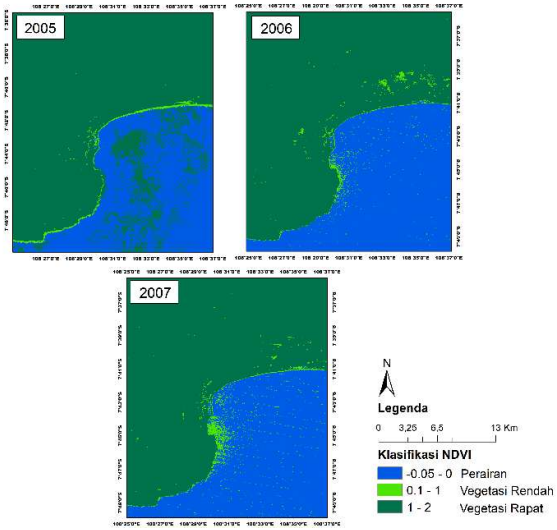
Penentuan stasiun riset dilakukan berdasarkan survei lapangan. Stasiun pengamatan terdiri dari 3 stasiun yaitu: (1) daerah pesisir Hutan Mangrove Nusa Wiru, (2) Bojong Salawe dan (3) Muara Sungai Karangtirta. Stasiun 1 terletak pada aliran sungai dekat dermaga Nusa Wiru yang digunakan sebagai tempat transit sementara perahu yang akan menuju wisata Green Canyon Pangandaran. Karakteristik perairan di lokasi ini berwarna sedikit coklat kehijauan dengan substrat berlumpur.

Stasiun 2 terletak pada kawasan hutan konservasi mangrove yang masih berada di aliran sungai. Karakteristik perairan di stasiun 2 berwarna coklat kehijauan dengan substrat berlumpur. Stasiun 3 merupakan bagian muara sungai Karangtirta dekat dengan daerah pemukiman yang dipenuhi oleh aktivitas penduduk seperti kegiatan rumah tangga. Karakteristik perairan di stasiun 3 berwarna coklat kehitaman dengan substrat berpasir.

Hasil klasifikasi citra landsat vegetasi mangrove di Kabupaten Pangandaran mengalami peningkatan dan pengurangan luasan selama kurun waktu tahun 2005–2007. Tutupan lahan meliputi mangrove sedikit, mangrove lebat, sedimen/daratan serta perairan yang ditunjukkan oleh simbol warna berdasarkan klasifikasi. Berdasarkan analisis data dengan SIG diperoleh hasil pemetaan luasan mangrove selama tahun 2005-2007 sebagai berikut (Gambar 2).

Pada tahun 2005, area dengan tutupan mangrove lebat hanya terdapat pada bagian barat Kabupaten Pangandaran. Sementara area lain memiliki tutupan mangrove sedikit di beberapa bagian wilayah penelitian. Kondisi vegetasi mangrove kemudian mengalami penambahan tutupan pada tahun 2006. Kerapatan vegetasi mangrove lebat di Kab. Pangandaran tergolong tinggi, hal itu dapat terlihat dari area dengan warna hijau tua yang mendominasi wilayah tersebut. Penambahan luas tutupan mangrove lebat dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya faktor alami. Bibit mangrove atau propagul yang

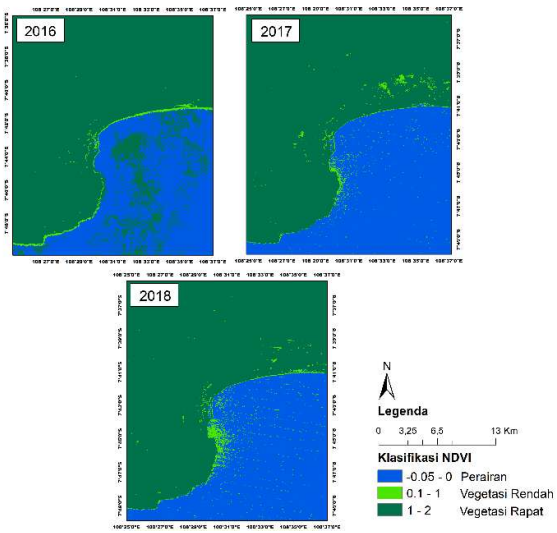
jatuh disertai dengan terjadinya pasang surut merupakan faktor yang mempengaruhi bertambahnya luas vegetasi mangrove Susilo et al. (2019).



Gambar 2. Peta sebaran perubahan tutupan mangrove 2005 – 2007.

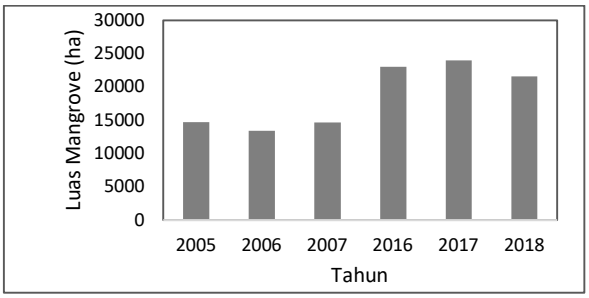
Kemudian pada peta sebaran spasial tahun 2007, vegetasi mangrove kembali mengalami degradasi (pengurangan). Kondisi vegetasi mangrove didominasi oleh area dengan kerapatan mangrove sedikit yang ditandai dengan warna hijau muda tersebar merata pada setiap area Pangandaran.

Berdasarkan peta sebaran tutupan mangrove, tidak terdapat perubahan kondisi yang signifikan selama periode tahun 2016 – 2018. Hal tersebut dapat terlihat dari luasan sebaran warna hijau tua yang merepresentasikan mangrove lebat di area Pangandaran (Gambar 3).



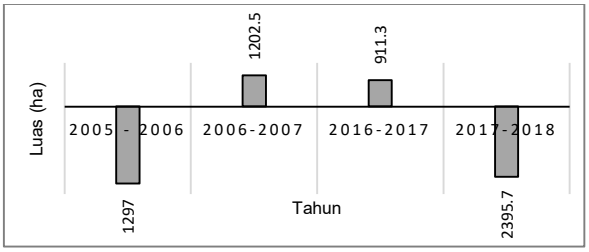
Gambar 3. Peta sebaran perubahan tutupan mangrove 2016 – 2018.

Pengurangan luas tutupan mangrove terjadi pada tahun 2018 yakni dengan pengurangan sebesar 2.396 ha dari tahun sebelumnya. Pengurangan luasan tersebut umumnya terjadi di wilayah pesisir yang diwakili oleh warna hijau muda. Berdasarkan analisis data citra Landsat, didapat hasil perhitungan distribusi luasan hutan mangrove seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Distribusi mangrove.

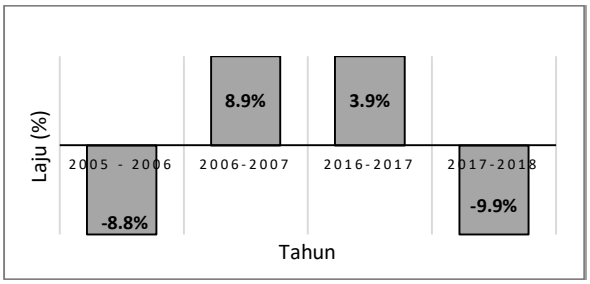
Luas distribusi mangrove di Kabupaten Pangandaran pada tahun 2005 yaitu sebesar 14.723,5 ha, tahun 2006 sebesar 13.426,5 ha dan pada tahun 2007 sebesar 14.629 ha. Pada tahun 2005 dan 2006 terjadi indikasi penurunan luas mangrove sebesar 1.297 ha akibat peristiwa tsunami yang tejadi pada tahun 2006 di pantai Pangandaran. Luasan mangrove pada tahun 2016 mengalami peningkatan (23.079 ha) dan pada tahun 2017 meningkat kembali menjadi 23.990,3 ha. Sedangkan pada tahun 2018 luasan mangrove mengalami penurunan menjadi 21.594,6 ha. Perubahan luasan distribusi mangrove pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan luasan distribusi mangrove.

Berdasarkan perhitungan luasan mangrove, nilai penurunan luasan mangrove pada tahun 2005-2006 sebesar 1.297 ha dan peningkatan luasan mangrove tahun 2006-2007 sebesar 1.202,5 ha. Perubahan luasan ekosistem mangrove di Kabupaten Pangandaran pada tahun 2016 - 2017 terjadi peningkatan distribusi mangrove sebesar 911.3 ha. Indikasi terjadinya penurunan luas mangrove sebesar 2.395,7 ha pada tahun 2017-2018 disebabkan oleh faktor alam dan aktivitas manusia. Kondisi lapangan menunjukkan banyak aktivitas manusia yang dapat merugikan hutan mangrove seperti adanya illegal logging, perubahan penggunaan lahan, alih fungsi hutan yang digunakan untuk bahan membuat rumah atau kayu bakar serta tingginya sedimentasi hingga terbentuk daratan-daratan baru.

Penentuan luasan tutupan mangrove dalam penelitian ini dilakukan dengan analisis visual dengan menggunakan kombinasi band 543 pada citra Landsat 7 dan Landsat 8. Berdasarkan informasi hasil ground check di lapangan, tutupan mangrove di lokasi penelitian merupakan daerah konservasi. Laju perubahan tutupan mangrove yang diperoleh pada tahun 2005 ke tahun 2006 memiliki nilai -8.8% dengan perubahan -1.297 ha; tahun 2006 ke tahun 2007 nilai laju tutupan mangrove 8.9 % dengan perubahan 1.202,5 ha; tahun 2016 ke tahun 2017 nilai laju tutupan mangrove 3.9 % dengan perubahan 911.3 ha; tahun 2017 ke tahun 2018 nilai laju tutupan mangrove -9.9 % dengan perubahan -2.395,7 ha (Gambar 6).



Gambar 6. Laju Perubahan Distribusi Mangrove

3.2. Discussion

Tingginya eksploitasi hutan mangrove menyebabkan terjadinya penurunan luasan mangrove dari tahun ke tahun. Penelitian sebelumnya Latifah et al. (2018) menemukan penurunan mangrove di Kawasan Karimun Jawa tahun 2003-2017 sebesar 391.5 ha. Penebangan liar, kebutuhan kayu bakar rumahan serta rendahnya pengetahuan masyarakat mengenai fungsi mangrove merupakan aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan lahan mangrove (Aji et al., 2017; Pangesti, 2011). Selain itu, degradasi mangrove sebesar 47.92% selama kurun waktu 11 tahun di Indonesia disebabkan oleh konversi hutan mangrove, pemanfaatan tidak lestari dan bencana alam seperti tsunami (Kustanti, 2011).

Hutan mangrove di Kabupaten Pangandaran banyak tersebar di kawasan muara sungai, pesisir pantai berlumpur dan delta. Ada jenis mangrove yang dominan bisa bertahan pada beberapa daerah di pangandaran yang dipengaruhi oleh faktor parameter fisika dan lingkungan. Ekosistem pesisir di pantai Pangandaran berupa ekosistem mangrove terutama terdapat dipesisir Bojong Salawe seluas 237.59 ha. Kondisi mangrove cukup kritis, rusaknya ekosistem mangrove akibat tsunami tahun 2006 Kusmana dan Ningrum (2016) dan pemanfaatan pesisir sebagai lahan tambak dan sumber bahan tambang secara langsung akan melemahkan daya dukung tanah (Irawan, 2013).

Menurut Putra (2015), distribusi greenbelt sepanjang pesisir Pangandaran menunjukkan bahwa tahun 1999 hingga 2013, kondisinya mengalami perubahan setiap tahunnya. Pada tahun 1999 memiliki luasan sekitar 133.56 ha dan turun sekitar 40% pada tahun 2013 menjadi 81.27 ha. Setelah terjadi tsunami pada tahun 2006, reboisasi hutan pantai mulai dilakukan dan terjadi peningkatan pada tahun 2007 atau 2008 menjadi 128.82 ha atau naik sekitar 68%. Namun pada tahun 2013 terjadi penurunan kembali sekitar 4% menjadi 120.51 ha. Eksploitasi hutan mangrove yang semakin tinggi menjadi penyebab penurunan luasan mangrove terus terjadi (Salma et al., 2022).

Namun penambahan luasan mangrove di Kecamatan Cijulang sangat mungkin terjadi, mengingat hutan mangrove di Kecamatan Cijulang berada di wilayah muara sungai. Pertemuan air tawar dari sungai dengan air asin memungkinkan vegetasi mangrove tumbuh subur dan membentuk hutan mangrove Purwanto et al. (2014).

4. Conclusion

Berdasarkan analisis citra Landsat diketahui bahwa telah terjadi perubahan luasan mangrove selama tahun 2005 hingga 2018. Pada tahun 2005, lahan mangrove seluas 14.723,5 ha menurun pada tahun 2006 menjadi 13.426,5 ha (penurunan sebesar 1.297 ha). Tetapi pada tahun 2007 distribusi mangrove meningkat menjadi 14.629 ha (peningkatan 1202.5 ha). Penurunan luasan mangrove di tahun 2006 disebabkan terjadinya tsunami pada tahun tersebut. Kondisi mangrove pada tahun 2016-2018 menunjukkan peningkatan yang signifikan, tahun 2016 luas mangrove di Kabupaten Pangandaran seluas 23.079 ha dan meningkat pada tahun 2017 menjadi 23.990,3 ha (peningkatan seluas 911.3 ha). Namun pada tahun 2018, distribusi mangrove mengalami penurunan seluas 2.395,7 ha menjadi 21.594,6 ha yang disebabkan karena adanya alih fungsi lahan menjadi lahan tambak.

Acknowledgment

Kami berterima kasih kepada USGS Landsat (https://earthexplorer.usg.gov) untuk data citra satelit mangrove dan Universitas Padjadjaran (UNPAD).

Bibliography

Aji, A.A., Sartohadi, J., Djohan, T.S., dan S. Ritohardoyo. 2017. Erosi pantai, ekosistem hutan bakau dan adaptasi masyarakat terhadap bencana kerusakan pantai di negara tropis. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(1): 1-10.

Aziz, A. 2003. Kajian Pengembangan Pariwisata Bahari di Kelurahan Pulau Kelapa Kecamatan Kepulauan Seribu Utara, Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, Daerah Khusus Ibukota Jakarta [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Firmansyah, A., Triana, E., Arifin, N., Nurfalah, I., dan Ridwana, R. 2021. Pemanfaatan citra satelit Landsat 8 dan Sentinel 2A dalam identifikasi lahan kritis mangrove di wilayah Kecamatan Ciemas Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi*, 6(1): 21–34.

Fudloly, A.R.L., Fuad, M.A.Z., dan Purwanto, A.D. 2020. Perubahan sebaran dan kerapatan hutan mangrove di Pesisir Pantai Bama, Taman Nasional Baluran menggunakan citra satelit SPOT 4 dan SPOT 6. *Depik*, 9(2): 184–192.

Harahap, I.M., Syahrial, S., Erniati, E., Erlangga, E., Imanullah, I., dan Ezraneti, R. 2022. Gastropoda *Telescopium telescopium* (Linnaeus, 1758) di hutan mangrove Desa Cut Mamplam Provinsi Aceh, Indonesia. *Jurnal Kelautan* Tropis, 25(2): 156-168. https://doi.org/10.14710/jkt.v25i2.13353

Irawan, A.B. 2013. Valuasi daya dukung fungsi lindung di Pulau Bintan Propinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(1), 48 – 65.

Kirui, K.B., Kairo, J.G., Bosire, J., Viergever, K.M., Rudra, S., Muxham, M., and Briers, R.A. 2013. Mapping of mangrove forest land cover change along the Kenya coastline using Landsat imagery. *Ocean & Coastal Management*, 83: 19 – 24.

Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T.V., and Dech, S. 2011. Remote sensing of mangrove ecosystems. A review. *Remote Sens.*, 3(5): 878-928.

Kusmana, C., dan Ningrum, D.R.P. 2016. Tipologi dan kondisi vegetasi kawasan mangrove Bulaksetra Kabupaten Pangandaran Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 7(2): 137-145.

Kustanti, A. 2011. Manajemen Hutan Mangrove. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor Pr.

Latifah, N., Febrianto, S., Endrawati, H., dan Zainuri, M. 2018. Pemetaan klasifikasi dan analisa perubahan ekosistem

mangrove menggunakan citra satelit multi temporal di Karimunjawa, Jepara, Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis.* 21(2): 97-102.

Pangesti, T.P., Tri, W.N., dan Eko, S.W. 2011. Strategi pengelolaan untuk meningkatkan produksi udang di Kabupaten Cilacap. *Marine Fisheries,* 2(2): 189-199.

Piawai, F.A., Permana, A.S.A., Fajar, A.M., Somantri, L., dan Ridwana, R. 2022. Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk pemetaan sebaran dan kerapatan ekosistem mangrove di Kecamatan Cijulang Kabupaten Pangandaran. *Jurnal Geografi*. 11(1): 53-64.

Purwanto, A.D., Asriningrum, W., Winarso, G., dan Parwati, E. 2014. Analisis sebaran dan kerapatan mangrove menggunakan Citra Landsat 8 di Segara Anakan, Cilacap. Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014, 21 April 2, 232–241.

Putra, A., Husrin, S., dan Kelvin, J. 2015. Identifikasi perubahan luasan greenbelt di Kabupaten Pangandaran - Jawa Barat Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Akuatika,* 2(1): 39–67.

Prahasta, E. 2008. Remote Sensing. Informatika Bandung.

Roy, D.P., Wulder, M. A., Loveland, T.R., Allen, R.G., Anderson, M.C., Helder, D., Irons, J.R., Johnson, D.M., and Kennedy, R. 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sens, Environ*. 145(0): 154-172.

Salma, G.Y., Muhammad, A.N., Adiwira, R.C.W., Ridwana, R., dan Somantri, R. 2022. Identifikasi kerapatan tutupan mangrove Pulau Gusung Menggunakan Citra Landsat 8. Jurnal Sains Informasi Geografi. 5(1): 38-48.

Schmitt, K. and Duke, N.C. 2015. Mangrove Management, Assessment and Monitoring. Tropical Forestry Handbook: Springer Berlin Heidelberg.

Susilo, H., Galib, M., and Mulyadi, A. 2019. Mapping of mangrove vegetation using landsar satellite imageryin the estuary of Gangsal River Indragiri Hilir Regency Riau Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences.*, 2(3): 181-189.

Suwargana, N. 2008. Analisis perubahan hutan mangrove menggunakan data penginderaan jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital.* 5: 64-74.