

Analisis Tingkat Perubahan Vegetasi Hutan Mangrove Terhadap Tingkat Salinitas Menggunakan Citra Landsat

Rafly Rizqyta Ramadhan^{1*}, Winardi Tjahyo Baskoro^{1*}, Kadek Sumaja², Komang Ngurah Suarbawa¹, I Putu Tedy Indrayana¹, Ni Nyoman Ratini¹

¹ Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bali, Indonesia.

² Stasiun Meteorologi Kelas I Ngurah Rai, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Bali, Indonesia.

Received: 26 October 2023

Revised: 23 July 2024

Accepted: 31 July 2024

Corresponding Author:

Rafly Rizqyta Ramadhan

Raflyrizqyta125@gmail.com

© 2024 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v8i2.23729>

Abstract: Research on the analysis of the level of changes of mangrove forest vegetation on the level of seawater salinity has been conducted with remote sensing methods by using Landsat 8 imagery in Tahura Ngurah Rai. The data used in this research is secondary data from the official website of the USGS (United States Geological Survey). This study aims to determine the levels of changes in mangrove forest vegetation cover in Tahura Ngurah Rai and to determine how much influence the level of mangrove forest vegetation cover has on the level of salinity in Tahura Ngurah Rai. The vegetation values were obtained by processing the NDVI index data and the salinity values were obtained by processing the SI, NDSI and VSSI index. From the results of the analysis that has been conducted, vegetation cover greatly influences the NDSI index with an increase in the total NDVI value of 25,48% and a decrease in the total NDSI value of -25,48%, with a correlation coefficient and determination of NDVI-NDSI 0.998 and 0.996 respectively.

Keywords: NDVI; SI; NDSI; VSSI; Landsat 8; Mangrove

Pendahuluan

Transformasi di wilayah pesisir dominan disebabkan oleh aktivitas manusia dalam pembangunan pesisir. Pembangunan di kawasan tersebut menyebabkan perubahan fungsi lahan menjadi pemukiman, industri dan tambak, serta penebangan liar yang merusak ekosistem mangrove (Landgrebe, 2003). Letak geografis ekosistem mangrove berada pada daerah peralihan antara darat dan laut, yang memberikan efek penangkapan yang unik dibandingkan dengan objek tumbuhan darat lainnya (Purwadhi, 2001). Ekosistem mangrove memiliki fungsi ekologi dan ekonomi bagi makhluk hidup. Dari segi ekologi, mangrove dapat berfungsi sebagai habitat, tempat mencari makan biota laut, dan tempat bertelur. Dari segi ekonomi, mangrove dapat digunakan sebagai bahan bangunan, tambak dan tempat wisata. Oleh karena itu banyak terdapat aktivitas manusia di daerah

mangrove ini yang menyebabkan ekosistem ini rentan terhadap kerusakan dan gangguan.

Kerusakan ekosistem mangrove mengakibatkan banyak dampak buruk bagi lingkungan. Model ekologi hutan bakau memiliki peran penting dalam melindungi dan mencegah erosi pantai, dan sedimentasi dari darat ke laut. Sehingga salah satu dampak rusaknya ekosistem mangrove adalah kadar garam yang tinggi (Salisbury & D'Aria, 1992). Percepatan intrusi air laut di pantai Jakarta meningkat drastis dari 1 km pada hutan mangrove selebar 0,75 m menjadi 4,24 km pada lokasi tanpa hutan mangrove. Secara teoritis diperkirakan percepatan intrusi air laut meningkat 2 - 3 kali pada lokasi tanpa hutan mangrove (Suryana, Nur, & Hilmi, 1998). Intrusi adalah masuk atau penyusupan air laut ke dalam pori-pori batuan dan mencemari air tanah yang terkandung di dalamnya sehingga menyebabkan air

How to Cite:

Ramadhan, R. R., Baskoro, W. T., Sumaja, K., Suarbawa, K. N., Indrayana, P. T., & Ratini, N. N. (2024). Analisis Tingkat Perubahan Vegetasi Hutan Mangrove Terhadap Tingkat Salinitas Menggunakan Citra Landsat. *Kappa Journal*, 8(2), 187-193. <https://doi.org/10.29408/kpj.v8i2.23729>

tanah berubah menjadi air payau atau bahkan air asin (Putranto & Kusuma, 2012).

Mangrove merupakan salah satu objek yang dapat diidentifikasi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Penginderaan jauh didefinisikan sebagai pengukuran sifat obyek di permukaan bumi menggunakan data yang diperoleh dari pesawat dan satelit. Oleh karena itu Penginderaan Jauh adalah suatu upaya untuk mengukur sesuatu di kejauhan, bukan in situ. Karena hal tersebut tidak berhubungan langsung dengan objek yang dituju (Campbell & Wynne, 2011). Terdapat berbagai penelitian terkait dengan perubahan atau kerusakan hutan mangrove serta pengaruh intrusi air laut. Pertama, analisis sebaran salinitas air tanah akibat intrusi air laut dan curah hujan di pesisir Bangkalan Madura berbasis data citra satelit dilakukan menggunakan metode pemanfaatan nilai reflektan citra satelit yang dikorelasikan dengan nilai salinitas air tanah dan nilai asiditas atau pH tanah yang diakibatkan oleh intrusi air laut dan curah hujan yang memberikan hasil algoritma model matematis yang memberikan solusi tentang sebaran salinitas dan keasaman tanah (Zainab & Handajani, 2022).

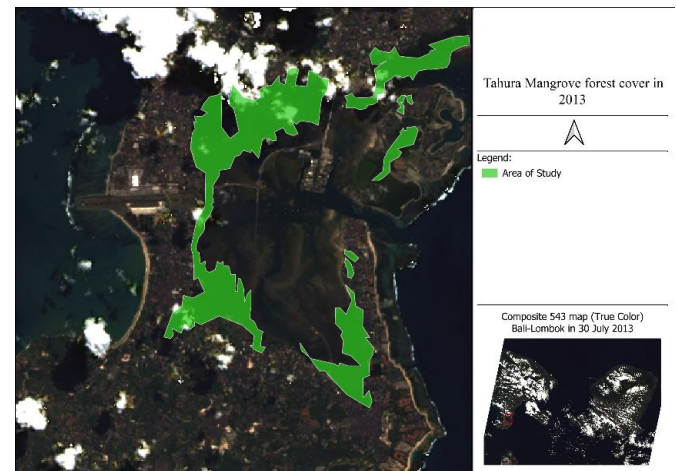
Selanjutnya, pendekatan metode NDVI dan Lyzenga untuk pemetaan sebaran ekosistem perairan di kawasan pesisir teluk Benoa-Bali yang menghasilkan perubahan luasan tutupan mangrove yaitu tahun 2006 ke tahun 2012 dengan perubahan -89,98 ha, dan tahun 2012 ke tahun 2015 dengan perubahan -60,62 ha (Putra, Tanto, Farhan, Husrin, & Pranowo, 2018).

Namun, penelitian-penelitian tersebut hanya menggunakan indeks NDVI, tanpa mempertimbangkan indeks-indeks salinitas untuk pemetaan dan menentukan tingkat salinitas air laut. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan algoritma indeks vegetasi dari data Landsat 8 untuk menentukan tingkat perubahan vegetasi dan indeks salinitas untuk menentukan pengaruh tutupan vegetasi terhadap indeks salinitas. Penelitian akan dilakukan pada hutan mangrove yang berada di Bali yaitu Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai yang merupakan suatu kawasan bertipe hutan payau yang selalu tergenang air payau dan dipengaruhi oleh pasang surut.

Metode

Metode dalam penelitian ini meliputi beberapa langkah pengumpulan dan pengolahan data, yang dijelaskan sebagai berikut: Pertama, band Landsat 8 beserta metadatanya pada bulan Juli dari setiap tahun 2013 hingga 2022 diunduh, dan periode 10 tahun dipilih untuk menambah akurasi pada penelitian ini. Bulan Juli dipilih untuk menambah konsistensi penelitian. Data Landsat diperoleh dari halaman situs resmi USGS yaitu <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Sebelum dilakukan koreksi geometrik dan atmosfer, terlebih dahulu dibuat bandstack untuk menghasilkan citra komposit dari pita 2, 3, dan 4 sehingga diperoleh citra komposit warna sebenarnya. Koreksi geometris dan radiometrik kemudian akan diterapkan pada pita untuk mengoreksi kualitas geometris suatu gambar dan untuk mengurangi noise dalam gambar untuk menghasilkan hasil yang lebih jelas. Lalu dilakukan cropping pada gambar yang telah diproses sehingga hanya mencakup wilayah penelitian yaitu Tahura Ngurah Rai Provinsi Bali.



Gambar 1. Peta tutupan lahan hutang mangrove yang diteliti pada Tahura Ngurah Rai

Data citra tersebut dianalisis dengan menggunakan NDVI untuk memperoleh nilai vegetasi dan menggunakan indeks SI, NDSI, dan VSSI untuk memperoleh nilai salinitas. Jenis data yang diperoleh dari penelitian ini adalah nilai rata-rata dan total masing-masing indeks.

Persamaan untuk NDVI (1), SI (2), NDSI (3), dan VSSI (4) yaitu:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (1)$$

$$SI = \sqrt{(RED \times NIR)} \quad (2)$$

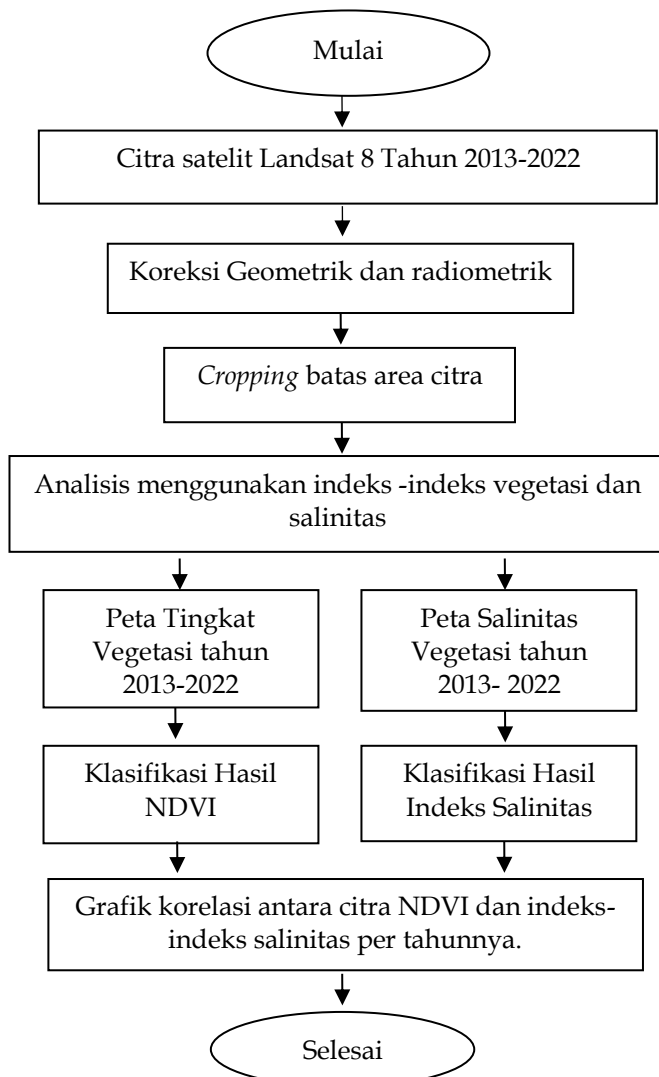
$$NDSI = \frac{(RED - NIR)}{(RED + NIR)} \quad (3)$$

$$VSSI = 2 \times GREEN - 5 \times (RED + NIR) \quad (4)$$

Kemudian, gambar diklasifikasikan dengan menerapkan rentang indeks vegetasi dan salinitas di QGIS. Setelah itu, dibuat peta untuk masing-masing indeks untuk rentang waktu 10 tahun. Membuat grafik korelasi antara NDVI dengan masing-masing indeks

salinitas untuk mengetahui hubungan NDVI dengan masing-masing indeks salinitas. Jenis data yang dikorelasikan adalah nilai total dan bukan nilai rata-rata setiap indeks untuk menentukan besarnya indeks.

Proses pengolahan data dari awal sampai akhir yang dilakukan dalam penelitian ini dijelaskan oleh diagram alir seperti disajikan pada Gambar 2.



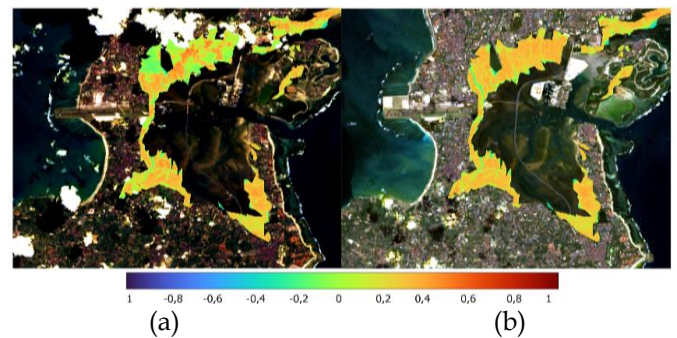
Gambar 2. Alur Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Penelitian mengenai persebaran vegetasi hutan mangrove dan berapa besar perubahan tingkat salinitas vegetasi dari tahun 2013 sampai tahun 2022 dilakukan menggunakan software QGIS untuk mengolah data yang diperoleh menggunakan citra Landsat 8 untuk mengetahui tutupan vegetasi dan nilai salinitasnya.

Pengolahan data sekunder indeks spektral NDVI menghasilkan 12.837 piksel yang diperoleh dengan menggunakan algoritma QGIS dan 10 gambar yang menggambarkan perubahan vegetasi hutan mangrove Tahura Ngurah Rai antara tahun 2013 hingga

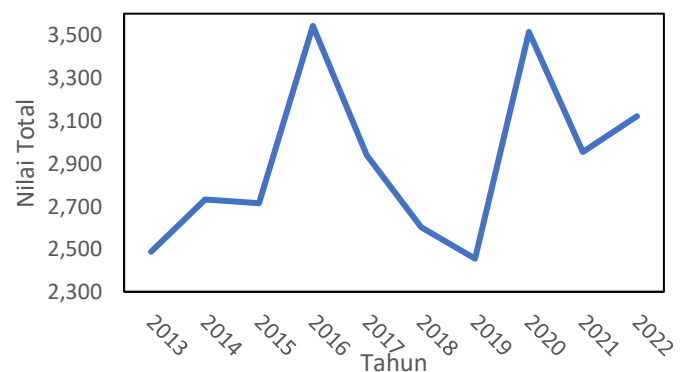
2022 setiap bulan Juli. Gambar 3 di bawah ini menunjukkan nilai rata-rata NDVI tahun 2013 dan 2022.



Gambar 3. Nilai rata-rata NDVI di Tahura Ngurah Rai pada (a) tahun 2013 dan (b) tahun 2022, dengan rentang berkisar antara -1 sampai dengan 1.

Gambar 3 menunjukkan sebaran vegetasi menggunakan NDVI di Tahura Ngurah Rai, dimana semakin berwarna merah suatu daerah berarti memiliki nilai vegetasi yang semakin tinggi dibanding dengan daerah yang cenderung menuju warna biru. Seperti terlihat pada gambar di atas, kawasan mangrove ditandai dengan warna merah, sedangkan sungai ditandai dengan warna hijau. Salah satu perubahan vegetasi yang mudah terlihat adalah perluasan bendungan di bagian tengah Tahura (Bendung Gerak Tukad Mati). Nilai rata-rata NDVI tahun 2013 sebesar 0,209 dan tahun 2022 sebesar 0,224 dengan nilai minimum sebesar 0,159 pada tahun 2019 dan nilai maksimum sebesar 0,246 pada tahun 2016. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai vegetasi di Tahura walaupun tidak terlalu tinggi. Perlu diperhatikan bahwa tutupan awan pada Gambar 3 mempengaruhi hasil gambar yang ditunjukkan dengan warna hijau.

Selain nilai rata-rata, NDVI yang diolah juga memiliki nilai indeks total yang akan ditampilkan setiap tahunnya pada Gambar 4 untuk mengetahui nilai total setiap tahunnya.

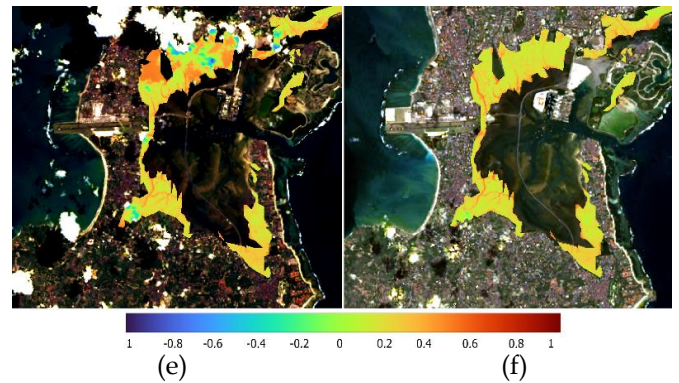
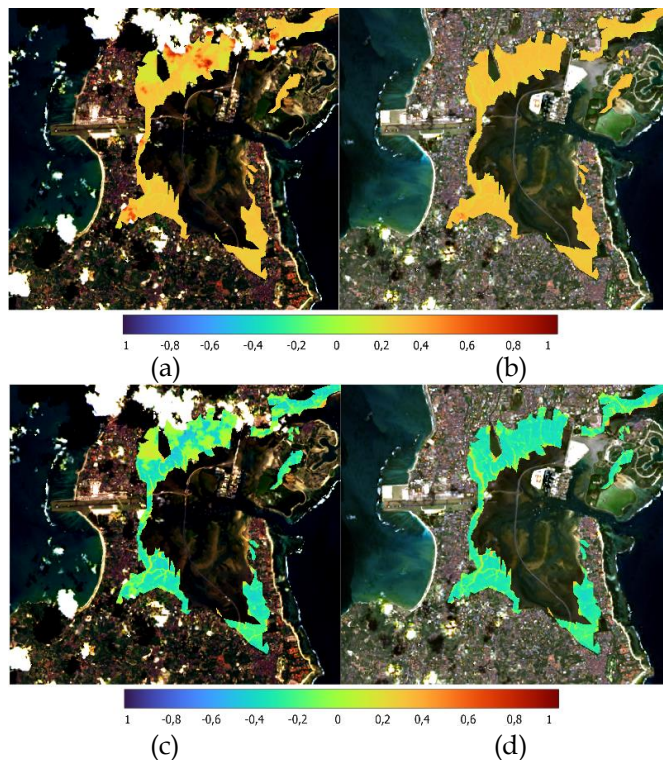


Gambar 4. Nilai total NDVI di Tahura Ngurah Rai dari tahun 2013 hingga tahun 2022

Nilai total indeks vegetasi pada periode tersebut menunjukkan peningkatan nilai. Pada tahun 2013, nilai NDVI sebesar 2.486,6, memuncak pada tahun 2016 yaitu sebesar 3.542,9 dan anjlok menjadi 2.454,8 menjadi yang terendah dalam 10 tahun terakhir. Kemudian Kembali meningkat secara signifikan menjadi 3.120,11 pada tahun 2022.

Untuk perubahan vegetasi hutan mangrove, hasil pengolahan indeks NDVI menunjukkan bahwa vegetasi di kawasan Tahura Ngurah Rai mengalami peningkatan nilai NDVI, dimana terjadi peningkatan total nilai indeks sebesar 25,48% selama kurun waktu 10 tahun, dari 2.486,6 menjadi 3.120,11. Peningkatan tersebut berdampak pada berkurangnya intrusi air laut di Tahura Ngurah Rai. Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan peningkatan nilai NDVI di Tahura Ngurah Rai, antara lain kepadatan mangrove yang termasuk dalam kategori lebat di Tahura Ngurah Rai semakin meningkat meskipun luas keseluruhannya semakin berkurang (Darmo, Suarbawa, & Gusti Agung Widagda, 2018). Hal ini menjelaskan peningkatan nilai NDVI di Tahura Ngurah Rai, dimana nilai reflektansi yang dipantulkan oleh hutan mangrove semakin meningkat.

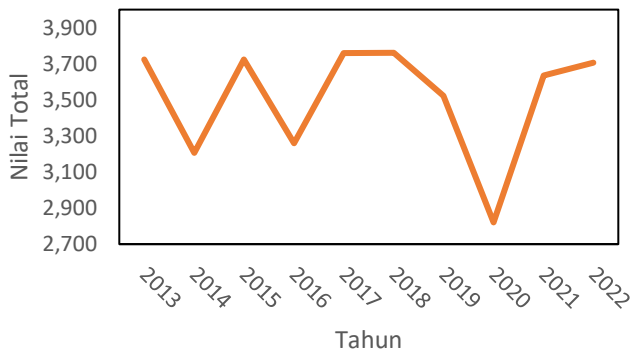
Untuk indeks salinitas, hasil pengolahan data sekunder indeks spektral SI, NDSI, dan VSSI menghasilkan 12,837 piksel, serupa dengan NDVI. Sedangkan indeks spektral salinitas menghasilkan 30 gambar. Nilai rata-rata indeks salinitas di Tahura Ngurah Rai pada tahun 2013 dan 2022 akan digambarkan pada Gambar 5 di bawah ini.



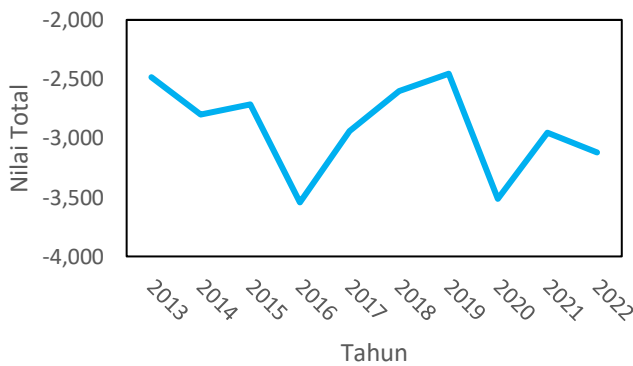
Gambar 5. Nilai rata-rata SI pada (a) tahun 2013 dan (b) tahun 2022, NDSI tahun (c) tahun 2013 dan (d) tahun 2022, VSSI tahun (e) tahun 2013 dan (f) tahun 2022.

Gambar 5 menunjukkan tingkat salinitas dengan menggunakan indeks salinitas SI, NDSI, dan VSSI di Tahura Ngurah Rai yang mempunyai rentang pengukuran yang sama persis dengan NDVI, kecuali VSSI yang rentang pengukurannya antara -8 hingga 1. Perubahan salinitas dengan menggunakan indeks SI menunjukkan perubahan salinitas yang kuat di daratan dibandingkan di lautan, ditunjukkan dengan warna jingga yang menandakan kawasan hutan, warna kekuningan yang menandakan kawasan sungai, dan warna merah kuat yang menandakan tutupan awan. Nilai rata-rata indeks pada tahun 2013 adalah 0,296 dan 0,293 pada tahun 2022, menunjukkan sedikit penurunan dalam kurun waktu 10 tahun. Untuk perubahan salinitas menggunakan NDSI, indeks menunjukkan salinitas secara keseluruhan, baik salinitas pada vegetasi, tanah, maupun air laut. Warna hijau tua menandakan kawasan hutan, warna hijau muda menandakan sungai, dan warna hijau cerah menandakan tutupan awan. Nilai rata-rata indeks pada tahun 2013 sebesar -0,209 dan kemudian pada tahun 2022 sebesar -0,224. Terakhir, untuk VSSI, indeks ini menggambarkan perubahan pada vegetasi tanah. Dimana warna kuning melambangkan kawasan hutan, warna oranye melambangkan kawasan sungai dan laut, dan warna biru melambangkan tutupan awan. Nilai rata-rata indeks VSSI pada tahun 2013 sebesar -2.572 dan pada tahun 2022 sebesar -2.573 menunjukkan perubahan yang sangat minim. Perlu diketahui juga bahwa tutupan awan juga mempengaruhi salinitas hasil gambar.

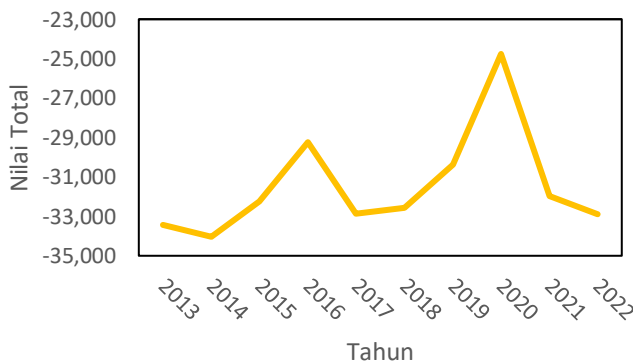
Selain nilai rata-rata, SI, NDSI, dan VSSI yang diolah juga memiliki nilai indeks total yang akan ditampilkan setiap tahunnya pada Gambar 6.



(a)



(b)



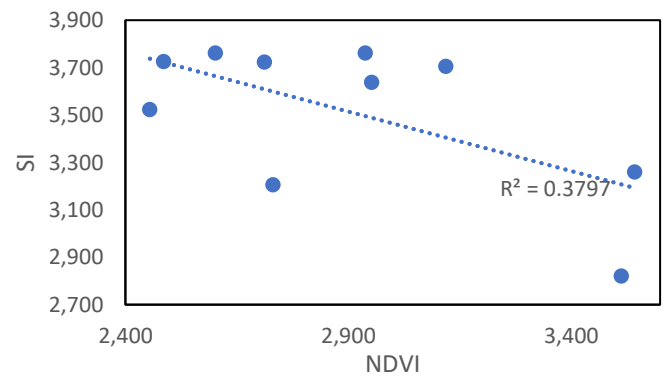
(c)

Gambar 6. SI (a), NDSI (b), dan VSSI (c) total nilai Tahura Ngurah Rai dari tahun 2013 hingga 2022

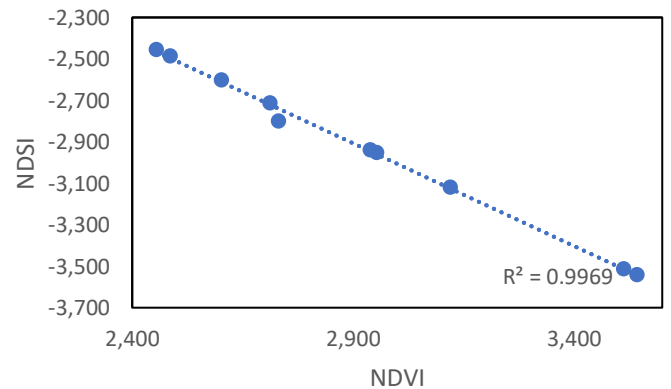
Gambar 6 menunjukkan total nilai indeks SI (a), NDSI (b), dan VSSI (c) selama rentang waktu 10 tahun di Tahura Ngurah Rai. Pada Gambar 6(a) nilai total indeks SI mengalami fluktuasi pada tahun 2013 hingga tahun 2016 dan terjadi penurunan tajam pada tahun 2020 menjadi 2820,5 dan terakhir meningkat menjadi 3704,32 pada tahun 2022. Pada Gambar 6(b) untuk NDSI, nilai totalnya mengalami sedikit penurunan pada tahun 2014 menjadi -2800,55 dari -2486,6, dan turun menjadi -3542,97 pada tahun 2016, ini menjadi titik terendah dalam rentang 10 tahun. Nilai tersebut mengalami peningkatan yang stabil dalam 3 tahun sebelum turun

secara signifikan pada tahun 2020 dan akhirnya berakhir pada -3120,11 pada tahun 2022. Dan pada Gambar 6(c) untuk VSSI, nilai totalnya mengalami penurunan yang sangat kecil pada tahun 2014 dan mengalami peningkatan yang signifikan hingga -29234,66 dari -334433,77, sebelum mengalami penurunan pada tahun berikutnya, dan akhirnya mengalami peningkatan yang cukup besar pada tahun 2020 menjadi -24761,35, Kemudian nilai tersebut mengalami penurunan yang sangat besar menjadi -32897,45 pada tahun 2023.

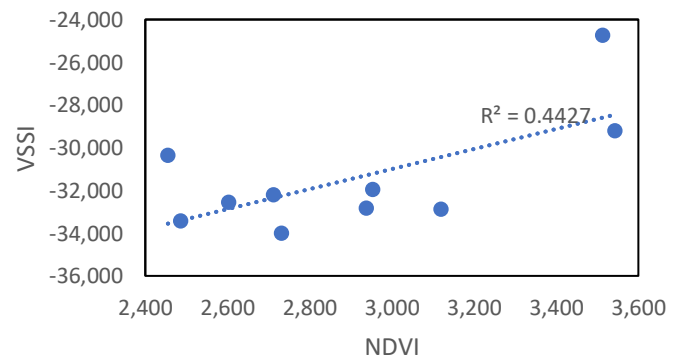
Hubungan antara indeks vegetasi NDVI dan indeks salinitas SI, NDSI, dan VSSI akan ditunjukkan pada Gambar 7 di bawah ini.



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. Hubungan antara (a) NDVI dan SI, (b) NDVI dan NDSI, serta (c) nilai total NDVI dan VSSI

Grafik pada Gambar 7(a) merupakan grafik hubungan NDVI dengan indeks salinitas dimana sumbu horizontal menunjukkan indeks NDVI dan sumbu vertikal menunjukkan indeks salinitas. Grafik hubungan NDVI dan SI menunjukkan tren menurun dan variabel tidak konsisten menggambarkan lemahnya korelasi kedua indeks, dengan nilai korelasi sebesar $-0,616$. Pada Gambar 7(a) juga dapat dilihat koefisien determinasi R^2 sebesar $0,379$ yang menunjukkan lemahnya hubungan antara NDVI dan SI. Pada Gambar 7(b) yaitu untuk NDSI, dalam kurun waktu 10 tahun terlihat grafiknya memiliki tren penurunan yang konsisten terhadap variabel-variabelnya dan nilai total indeks salinitas NDSI terus menurun seiring dengan meningkatnya NDVI. Hubungan antara NDVI dan NDSI juga memiliki nilai korelasi sebesar $-0,998$ yang dapat dikatakan sebagai korelasi yang sangat kuat antara kedua indeks tersebut. Gambar 7(b) juga menunjukkan koefisien determinasi R^2 sebesar $0,996$ yang menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara NDVI dan NDSI. Alasan hubungan ini adalah karena persamaan NDVI dan NDSI serupa. Pada Gambar 7(c) yaitu untuk VSSI, grafiknya menunjukkan tren meningkat dengan nilai korelasi sebesar $0,665$ yang menunjukkan rata-rata korelasi antara NDVI dengan VSSI, dan koefisien determinasi R^2 sebesar $0,443$ yang menunjukkan hubungan keduanya cukup lemah.

Dari Gambar 7 di atas dapat dikatakan bahwa NDSI merupakan indeks yang paling terpengaruh oleh tutupan vegetasi dengan menggunakan NDVI, yang ditunjukkan dengan perubahan nilai total yang signifikan dan nilai koefisien determinasi. Seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan 1 dan Persamaan 3, indeks NDVI dan NDSI hanya menggunakan pita merah dan NIR, dimana NDVI mengurangi nilai reflektansi pita merah dari pita NIR, dan NDSI mengurangi nilai reflektansi pita NIR dari pita merah, menghasilkan data dan gambar yang terbalik secara visual.

Dari penelitian yang dilakukan, citra multi-temporal LANDSAT terbukti efisien dalam membedakan nilai salinitas pada suatu daerah karena garam pada permukaan terlihat sebagai enkrustasi putih oleh satelit LANDSAT (Dehni & Lounis, 2012). Proses deteksi, korelasi dan verifikasi, dan validasi model juga terbukti dalam pengaplikasian pemetaan dan pemodelan salinitas menggunakan teknik geospasial karena kualitas citra dan efisiensi band dalam melihat informasi dari salinitas tanah (Asfaw, Suryabagavan, & Argaw, 2018).

Beberapa artikel dan jurnal mendukung hipotesis di atas, seperti penelitian monitoring sebaran vegetasi mangrove yang direhabilitasi di Kawasan Ekowisata Mangrove Wonorejo Surabaya yang menyatakan bahwa korelasi (Pearson) antara vegetasi mangrove dengan salinitas sangat tinggi (Wijaya &

Huda, 2018), penelitian analisis spatio-temporal perubahan tutupan vegetasi mangrove di Tahura Ngurah Rai berbasis Landsat 7+ ETM dan Landsat 8 OLI yang menyatakan secara umum tutupan hutan mangrove di Tahura Ngurah Rai semakin rapat dibandingkan tahun 2002, meskipun sebaran kerapatan mangrove tidak merata dan ditemukan dinamika perubahan tutupan dari lebat menjadi sedang dan jarang seluas pada periode 2014-2021 (Yastika, Vipriyanti, & Doan, 2023). Penelitian efek dari stress salinitas eksrim pada ekosistem mangrove sedang yang menyatakan bahwa efek salinitas tinggi dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan hutan mangrove (Dittmann et al., 2022). Namun, pendapat lain seperti penelitian analisis perubahan kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI menggunakan citra Landsat 8 yang menyatakan salinitas berkorelasi positif dengan indeks vegetasi, artinya semakin tinggi nilai indeks vegetasi maka salinitas semakin tinggi (Sukojo & Arindi, 2019).

Kesimpulan

Sebaran tutupan vegetasi di Tahura Ngurah Rai mengalami kenaikan nilai total sebesar $25,48\%$ berdasarkan citra yang diperoleh dengan index vegetasi NDVI. Dari ketiga indeks salinitas yang digunakan, NDSI merupakan index salinitas yang paling dipengaruhi oleh tutupan vegetasi, dengan penurunan nilai total yang cukup banyak yaitu $-25,48\%$ dan nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi yang paling tinggi dibanding dengan index SI dan VSSI, yaitu sebesar $0,998$ dan $0,996$ secara berurutan. Hal ini dijelaskan karena persamaan NDVI dan NDSI memiliki kemiripan yang dekat satu sama lain dan hanya menggunakan pita merah dan NIR, dimana NDVI mengurangi pita merah dari NIR dan sebaliknya, sehingga menghasilkan data dan gambar yang secara visual terbalik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam melaksanakan penelitian. Terutama Bapak Winardi Tjahyo Baskoro, Bapak Kadek Sumaja, dan para staf pengajar Departemen Fisika Universitas Udayana. Serta staf Stasiun Meteorologi Kelas I Ngurah Rai yang dengan murah hati memberikan bimbingan sehingga meningkatkan pemahaman penulis mengenai penelitian ilmiah.

Daftar Pustaka

- Asfaw, E., Suryabagavan, K. V., & Argaw, M. (2018). Soil salinity modeling and mapping using remote sensing and GIS: The case of Wonji sugar cane

- irrigation farm, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(3), 250–258. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.05.003>
- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). History and Scope of Remote Sensing. In *Introduction to Remote Sensing* (5th ed., p. 6). New York City: The Guilford Press. Retrieved from https://www.guilford.com/excerpts/campbell2_old_ch1.pdf?t=1
- Darmo, K., Suarbawa, K. N., & Gusti Agung Widagda, I. (2018). Analysis of Changes in Area of Mangrove Density at Ngurah Rai Bali Grand Forest Park Using Image of Landsat 8 Satellite. *BULETIN FISIKA*, 19(2), 58–63. <https://doi.org/10.24843/BF.2018.v19.i02.p04>
- Dehni, A., & Lounis, M. (2012). Remote Sensing Techniques for Salt Affected Soil Mapping: Application to the Oran Region of Algeria. *Procedia Engineering*, 33, 188–198. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1193>
- Dittmann, S., Mosley, L., Stangoulis, J., Nguyen, V. L., Beaumont, K., Dang, T., ... McGrath, A. (2022). Effects of Extreme Salinity Stress on a Temperate Mangrove Ecosystem. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.859283>
- Landgrebe, D. A. (2003). Introduction and Background. In *Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing* (pp. 1–27). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/0471723800.ch1>
- Purwadhi, S. H. (2001). *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: Grasindo.
- Putra, A., Tanto, T. Al, Farhan, A. R., Husrin, S., & Pranowo, W. S. (2018). Pendekatan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Dan Lyzenga Untuk Pemetaan Sebaran Ekosistem Perairan Di Kawasan Pesisir Teluk Benoa, Bali. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 23(2), 87. <https://doi.org/10.24895/jig.2017.23-2.729>
- Putranto, T. T., & Kusuma, K. I. (2012). Permasalahan Airtanah Pada Daerah Urban. *Teknik*, 30(1), 48–56. Retrieved from <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/view/1824>
- Salisbury, J. W., & D'Aria, D. M. (1992). Emissivity of terrestrial materials in the 8–14 μm atmospheric window. *Remote Sensing of Environment*, 42(2), 83–106. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257\(92\)90092-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257(92)90092-X)
- Sukojo, B. M., & Arindi, Y. N. (2019). Analisa Perubahan Kerapatan Mangrove Berdasarkan Nilai Normalized Difference Vegetation Index Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Pesisir Utara Surabaya). *Geoid*, 14(2), 1–5.
- Suryana, Y., Nur, H. S., & Hilmi, E. (1998). *Hubungan Antara Keberadaan Lebar Jalur Mangrove dengan Kondisi Biofisik Ekosistem Mangrove*. Bandung: Fakultas Kehutanan Universitas Winayamukti.
- Wijaya, N. I., & Huda, M. (2018). Monitoring Sebaran Vegetasi Mangrove Yang Direhabilitasi Di Kawasan Ekowisata Mangrove Wonorejo Surabaya. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3), 747–755. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i3.21271>
- Yastika, P. E., Vipriyanti, N. U., & Doan, T.-U. T. (2023). Analisis Spatio-Temporal Perubahan Tutupan Vegetasi Mangrove di Taman Hutan Raya Ngurah Rai Berbasis Citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI. *Jasintek*, 4(2), 82–92.
- Zainab, S., & Handajani, N. (2022). *Analisis Sebaran Salinitas Air Tanah Akibat Intrusi Air Laut Dan Curah Hujan Di Pesisir Bangkalan Madura Berbasis Data Citra Satelit*. Surabaya. Retrieved from http://repository.upnjatim.ac.id/6060/1/Laporan_Penelitian%202022_Perpustakaan.pdf