

Analisis Spatio-Temporal Perubahan Tutupan Vegetasi Mangrove di Taman Hutan Raya Ngurah Rai Berbasis Citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI

Putu Edi Yastika^{1*}, Nyoman Utari Vipriyanti¹, To-Uyen Thi Doan²

¹Program Studi Perencanaan Wilayah dan Perdesaan, Program Pascasarjana, Universitas Mahasaraswati Denpasar, Denpasar, Indonesia

²Information System and Remote Sensing, Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment, Thành phố Hồ Chí Minh, Vietnam

Email: ediyastika@unmas.ac.id*

ABSTRAK

Tahura Ngurah Rai memiliki peran yang sangat vital sebagai paru-paru Kota Denpasar dan sekitarnya. Lokasinya yang strategis telah memberikan berbagai tekanan pada hutan mangrove yang ada di Tahura. Untuk mengetahui dinamika perubahan luasan dan tutupan vegetasi mangrovenya, penelitian ini melakukan analisis spasial dan temporal dengan memanfaatkan citra Satelit Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI. Tiga citra Landsat dengan perekaman tahun 2002, 2014, dan 2021 digunakan dalam analisis. Deliniasi tutupan mangrove dilakukan secara visual dengan citra komposit warna semu. Hasil analisis menemukan total tutupan mangrove berturut-turut dari tahun 2002, 2014 dan 2021 masing-masing seluas 1098,6 Ha, 1086,3 Ha, dan 1079,2 Ha. Terdapat daerah-daerah yang mangrovenya telah hilang karena beralih fungsi atau mati. Namun demikian beberapa tempat ditemukan hutan mangrove yang bertumbuh, utamanya kearah dalam teluk. Secara keseluruhan terjadi penurunan luas total tutupan mangrove sebanyak 19,6 Ha (1,78%) dari tahun 2002 sampai pada tahun 2021. Kualitas rapat tutupan mangrove dievaluasi dengan metode NDVI dan diperoleh rata-rata nilai NDVI untuk tahun 2002 adalah 0,13 yang termasuk kategori jarang. Sedangkan pada tahun 2014 dan 2021 masing-masing diperoleh rata-rata nilai NDVI sebesar 0,36 dan 0,35 yang termasuk kategori sedang. Hal ini menunjukkan secara umum tutupan hutan mangrove di Tahura Ngurah Rai semakin rapat dibandingkan tahun 2002.

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

ABSTRACT

Tahura Ngurah Rai has a vital role as the “lungs” of Denpasar City and its surroundings. Its strategic location has put various pressures on the mangrove forests in Tahura. To find out the dynamics changes of mangrove vegetation, this study conducted spatial and temporal analysis by utilizing Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI satellite imageries. Three Landsat imageries which recorded in 2002, 2014 and 2021 were used in the analysis. Delineation of mangrove cover is done visually with false color composite images. The results of the analysis found that total mangrove area from 2002, 2014 and 2021 was 1098.6 Ha, 1086.3 Ha and 1079.2 Ha respectively. There are areas where the mangroves have disappeared due to land use change or dying. However, several places found growing mangrove forests, especially towards the bay. Overall, there was a decrease in the total area of mangrove cover by 19.6 Ha (1.78%) from 2002 to 2021. The dense quality of mangrove cover was evaluated using the NDVI method and the average NDVI value for 2002 was 0.13, which in the rare category. Whereas in 2014 and 2021 each obtained an average NDVI value of 0.36 and 0.35 which is in the moderate category. This shows that in general the mangrove forest cover in Ngurah Rai Tahura is getting denser compared to 2002.

Key words: *Tahura; Mangroves; Landsat; NDVI*

PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki garis pantai yang panjang dan daerah pesisir yang luas. Dengan kondisi geografis yang demikian dan didukung oleh iklim tropis menjadikan Indonesia menyimpan potensi sumberdaya alam pesisir yang besar dengan keanekaragaman ekosistem. Berbagai ekosistem seperti hutan mangrove, terumbu karang, padang lamun, dan estuaria tersebar di berbagai wilayah pesisir Indonesia. Salah satu yang paling besar adalah ekosistem hutan mangrove. Indonesia tercatat memiliki hutan mangrove seluas 3,06 juta ha, dan merupakan yang terluas di Asia Tenggara (Djamaluddin, 2018).

Hutan mangrove merupakan salah satu habitat yang penting pada ekosistem pesisir yang berada pada zona peralihan antara ekositem darat dan laut. Hal ini dikarenakan hutan mangrove memiliki berbagai fungsi yaitu fungsi ekologis, sosial, ekonomi, dan fisik. Secara ekologis hutan mangrove merupakan habitat dari berbagai macam organisme seperti ikan, burung, udang, kepiting, dan mamalia. Selain itu hutan mangrove juga merupakan tempat alami yang sangat baik untuk pemijahan berbagai macam biota laut (Djamaluddin, 2018). Secara sosial ekonomi, hasil hutan mangrove dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk dicari kayunya sebagai kayu bakar dan buahnya untuk bahan makanan. Selain itu suasana hutan mangrove yang asri bisa menjadi objek daya tarik wisata (Manurung and Sunarta, 2016). Secara fisik, hutan mangrove merupakan pelindung alami pantai dari gelombang besar, angin kencang, dan badai dari arah laut sehingga dapat meminimalisir kerusakan yang dapat ditimbulkan.

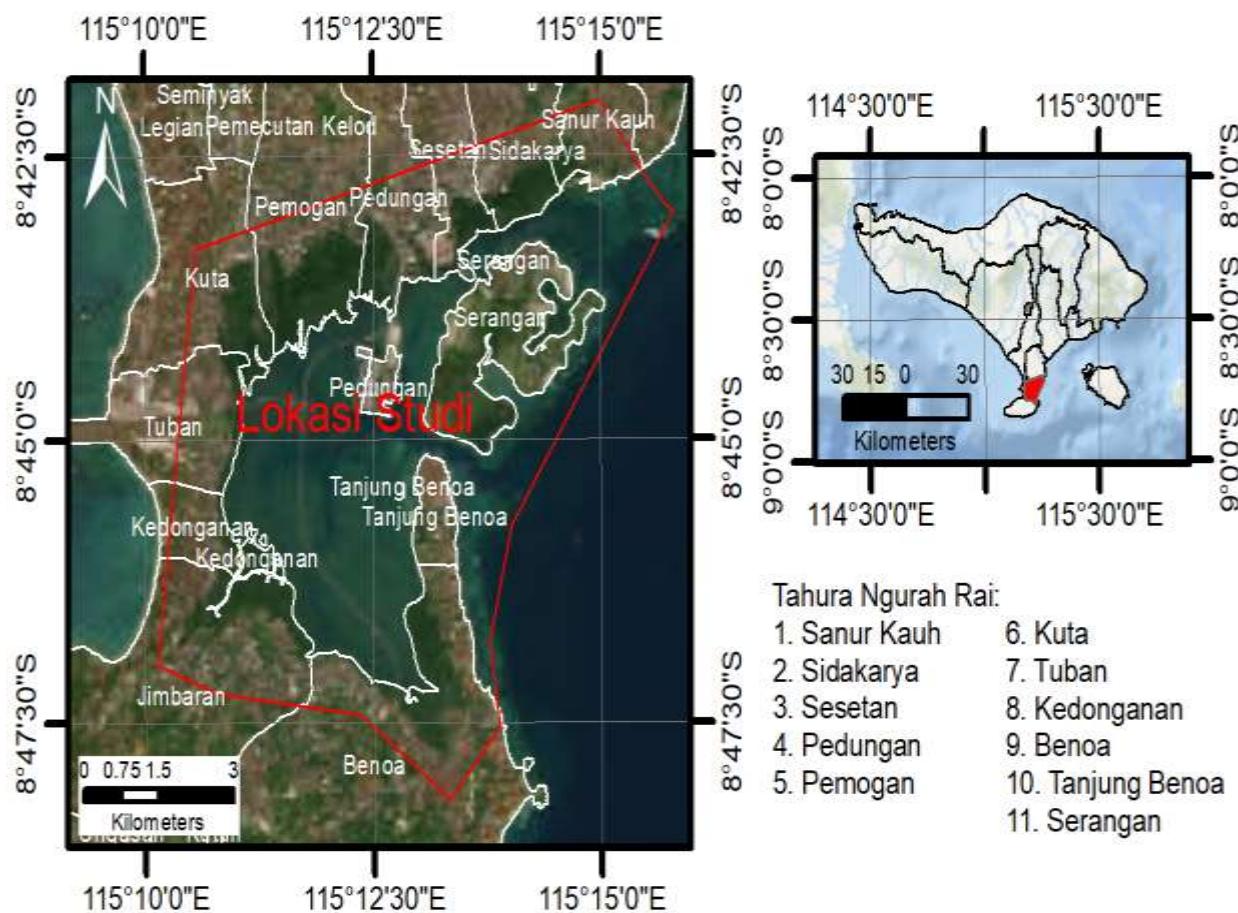
Sebagai salah satu pulau di Indonesia, Bali memiliki beberapa kawasan hutan mangrove yang tersebar di pesisirnya. Salah satu Kawasan hutan mangrove yang terluas dan terpenting di Bali adalah Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai. Tahura Ngurah Rai yang ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor: 544/Kpts-II/1993 tertanggal 25 September 1993 dengan luasan 1.373,50 ha (BPKH, 2014). Selain berfungsi seperti hutan mangrove pada umumnya Tahura Ngurah Rai memiliki peran yang sangat vital sebagai paru-paru Kota Denpasar dan sekitarnya. Selain itu, lokasi Tahura sangat strategis karena berdekatan dengan kawasan wisata Sanur, Kuta, Nusa Dua, Pelabuhan Benoa dan Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai. Adanya kondisi tersebut tahura mendapat berbagai tekanan sehingga akan berdampak terhadap adanya perubahan fungsi pada beberapa bagian dari Tahura Ngurah Rai. Beberapa kegiatan yang dapat mengakibatkan terjadinya perubahan kondisi habitat hutan Mangrove antara lain: reklamasi pantai, sedimentasi, kegiatan yang menghasilkan pencemaran, prilaku aktifitas penduduk yang berbasaran dengan kawasan, penebangan hutan dan pengambilan material.

Beberapa kajian telah dipublikasikan mengenai Tahura seperti pemetaan jenis-jenis pohon mangrove (Dewi and Maharani, 2021; Imamsyah et al., 2020), perumusan strategi pengelolaan kawasan Tahura yang berkelanjutan (Lugina et al., 2017; Sugiyanti, 2020) dan pemetaan potensi Tahura (Manurung and Sunarta, 2016). Akan tetapi belum ada kajian mengenai analisis *spatio-temporal* perubahan dari tutupan hutan mangrove itu secara jangka panjang. Analisis perubahan tutupan lahan jangka panjang penting dilakukan untuk mengetahui perkembangan kondisi mangrove dan sebagai basis data untuk mengevaluasi kinerja pengelola dan perumusan kebijakan-kebijakan pengelolaan yang baru. Oleh karena itu pada penelitian ini akan menganalisis *spatio-temporal* perubahan luasan dan kerapatan tutupan hutan mangrove di Tahura Ngurah Rai dari tahun 2000 sampai tahun 2021 dengan metode pengideraan jauh berbasis citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI. Metode pengideraan jauh dipilih karena cepat dan murah utamanya untuk pemetaan lahan yang luas dengan medan yang sulit (Hidayah et al., 2002; Raynaldo et al., 2020).

METODE PELAKSANAAN

Lokasi Studi

Area studi pada penelitian ini adalah Tahura Ngurah Rai yang secara geografis terletak antara $08^{\circ}41'$ – $08^{\circ}47'$ LS dan $115^{\circ}10'$ – $115^{\circ}15'$ BT. Sedangkan menurut administrasi pengelolaan kawasan Tama Hutan Raya Ngurah Rai termasuk dalam wilayah UPT Tahura Ngurah Rai, Dinas Kehutanan Provinsi Bali. Adapun batas-batas wilayah Taman Hutan Raya Ngurah Rai yaitu di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung di sebelah utara, Selat Penida di sebelah timur, Samudra Indonesia di sebelah selatan dan Kabupaten Badung di sebelah barat. Lokasi Tahura pada peta disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi Taman Hutan Raya Ngurah Rai

Data Dan Metode

Pada penelitian ini akan menggunakan metode penginderaan jauh berbasis citra satelit. Adapun citra satelit yang gunakan adalah citra Landsat 7 ETM+ dan citra Landsat 8 OLI seperti yang tujuan pada Tabel 1. Landsat 7 merupakan satelit Landsat generasi ke 7 milik Amerika Serikat yang diluncurkan pada tahun 1999 yang membawa sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)*. Sedangkan Landsat 8 merupakan satelit Landsat generasi ke-8 yang diluncurkan pada tahun 2013 yang membawa sensor *Operational Land Imager (OLI) and the Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. Pada dasarnya sensor ETM+ dan OLI memiliki spesifikasi yang sama. Untuk kanal Merah/Red (R), Hijau/Green (G), Biru/Blue (B), dan Infra merah dekat/Near Infrared (NIR), baik

ETM+ dan OLI memiliki resolusi spasial 30m. Untuk menajamkan resolusi citranya kedua sensor juga dilengkapi kanal *Pan-Sharpening* dengan resolusi spasial 15 meter. Semua citra disediakan secara gratis oleh USGS dan dapat di unduh melalui tautan (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Informasi lebih detail mengenai Satelit Landsat dapat dilihat pada situs USGS pada tautan berikut (<https://landsat.gsfc.nasa.gov>).

Tabel 1. Daftar Citra Landsat Yang Digunakan Dalam Penelitian Ini

No	ID Citra	Tanggal Observasi
1	LE07_L1TP_116066_20020521_20170130_01_T1	21 Mei 2002
2	LC08_L1TP_116066_20140327_20170424_01_T1	27 Maret 2014
3	LC08_L1TP_116066_20210602_20210608_01_T1	2 Juni 2021

Analisis tutupan lahan dilakukan pada setiap citra secara independen. Untuk menghitung luasan hutan mangrove, pertama-tama dilakukan penajaman citra dengan menggunakan metode *pansharpening* (Rahaman et al., 2017). Setelah itu dibuat citra komposit warna semu dengan kombinasi RGB (Red, NIR, Blue) atau disebut dengan komposit RGB-341 pada citra Landsat 7 dan RGB-452 pada Landsat 8. Dengan kombinasi tersebut tutupan hutan mangrove akan terinterpretasikan secara jelas. Kemudian dilakukan deliniasi batas-batas hutan secara visual dengan bantuan software arcmap 10.8. dan dihitung luasannya dengan fitur “calculate geometry”.

Kerapatan tajuk hutan mangrove dianalisis dengan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Metode ini dipilih karena telah terbukti handal untuk memetakan tutupan vegetasi dengan akurasi tinggi (Dan et al., 2016; Phiri and Morgenroth, 2017; Prăvălie et al., 2022; Raynaldo et al., 2020). Perhitungan nilai NDVI ditunjukkan pada persamaan (1).

$$NDVI = \frac{Near Infrared - Red}{Near Infrared + Red}$$

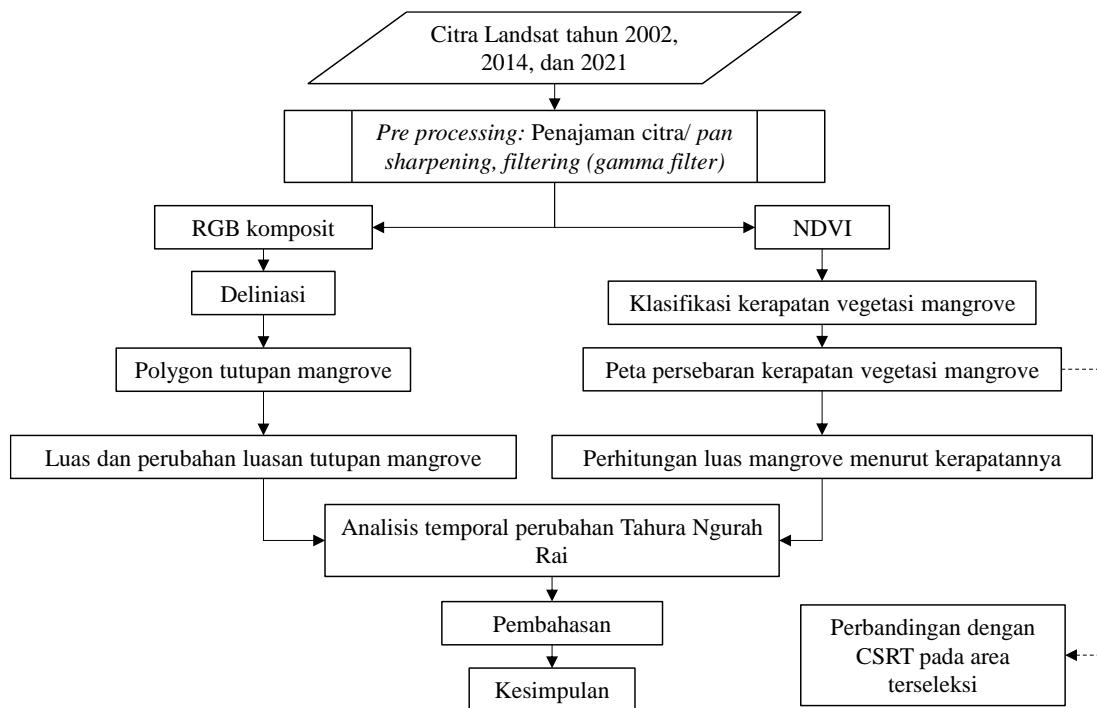
Untuk penilaian tingkat kerapatan tajuk hutan mangrove berdasarkan pada kriteria dalam buku Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove yang dikeluarkan oleh Departemen Kehutanan Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial (Departemen Kehutanan, 2005) . Kriteria tersebut disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kriteria kerapatan tajuk tutupan mangrove berdasarkan pada nilai NDVI

NO	Nilai NDVI	Kriteria Kerapatan Tajuk
1	$-1,0 \leq NDVI \leq 0,32$	Jarang
2	$0,33 \leq NDVI \leq 0,42$	Sedang
3	$0,43 \leq NDVI \leq 1,00$	Lebat

Sumber: Departemen Kehutanan (2005)

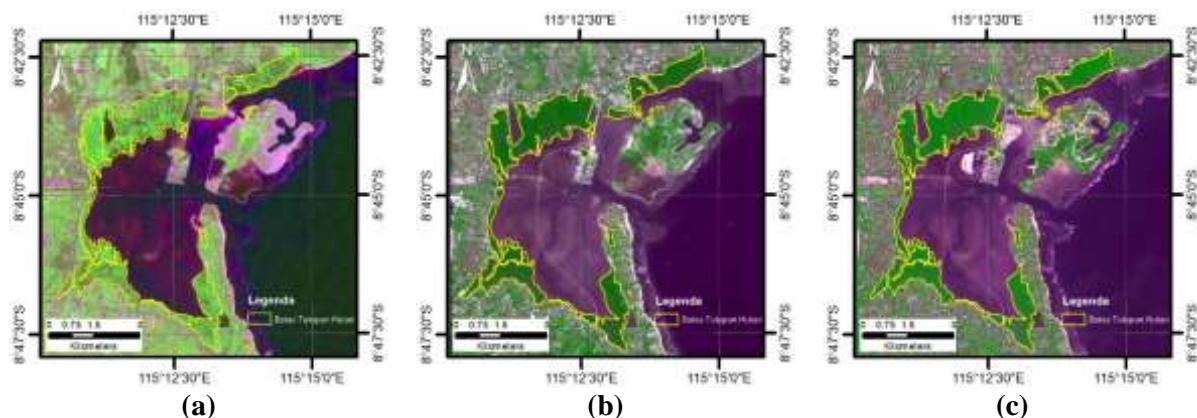
Luasan mangrove hasil perhitungan setiap periode kemudian dibandingkan dan dilakukan analisis untuk mengetahui perubahannya. Hal yang sama juga dilakukan untuk hasil perhitungan kerapatan tajuk, sehingga perubahan kondisi mangrove tiap periode dapat diketahui. Untuk validasi NDVI dilakukan dengan mengambil sampel pada beberapa area yang kemudian dibandingkan secara visual dengan citra satelit resolusi tinggi (CSRT). Alur kerja dari penelitian ini lebih jelasnya disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir pengolahan data dan kerja penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

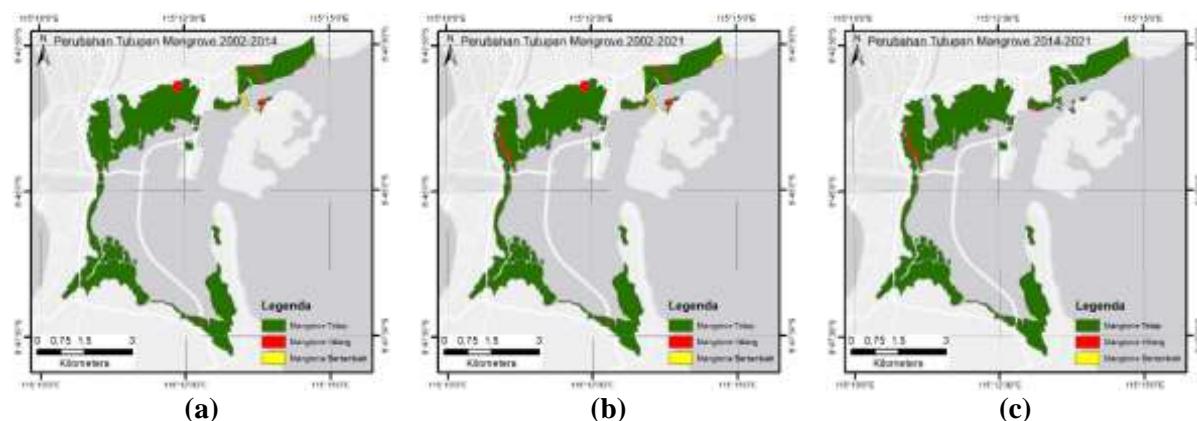
Analisis perubahan tutupan hutan mangrove dilakukan untuk 3 periode yang berbeda yaitu Tahun 2002, 2014, dan 2021. Gambar 3a. memperlihatkan citra komposit Landsat 7 dengan kombinasi warna semu RGB-341. Sedangkan citra komposit Landsat 8 RGB-452 ditunjukkan oleh Gambar 3b. dan 3c. Tutupan mangrove terlihat sangat jelas dengan warna hijau terang. Deliniasi kemudian dilakukan dengan teliti secara visual dengan bantuan software Arcmap 10.8



Gambar 3. (a) Citra RGB-341 komposit warna semu Landsat 7 ETM+ tahun 2002, (b) dan (c) berturut-turut RGB-452 komposit warna semu Landsat 8 OLI tahun 2014 dan 2018

Peta hasil analisis tutupan lahan dan perubahannya ditujukan oleh Gambar 4a-c. Gambar 4a sampai pada Gambar 4c. berturut-turut memperlihatkan perubahan tutupan hutan mangrove dari tahun 2002-2014, 2014-2021, dan 2014-2021. Warna hijau pada Gambar 4a-c. menunjukkan tutupan hutan mangrove yang tidak berubah yang artinya pada periode sebelum dan sesudahnya

merupakan hutan mangrove (*ever green*). Warna merah menunjukkan tutupan hutan mangrove yang hilang atau mati (*loss*), sedangkan warna kuning merupakan tutupan hutan mangrove yang bertambah (*gain*).



Gambar 4. Perubahan luasan tutupan vegetasi mangrove (a) periode 2002-2014, (b) periode 2002-2021, dan (c) periode 2014-2021.

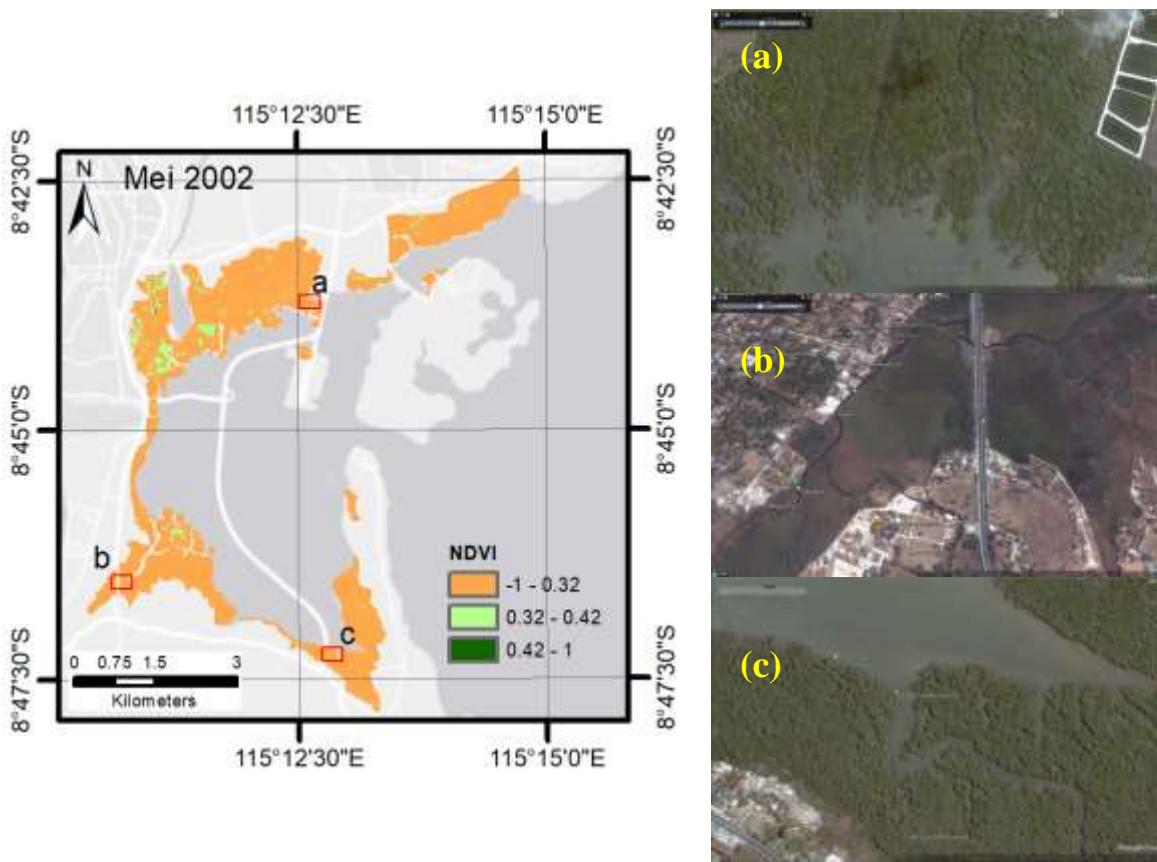
Luasan polygon hasil deliniasi kemudian dihitung sehingga di dapat luas total tutupan hutan mangrove pada setiap tahun pengamatan. Analisis dilanjutkan untuk mengetahui perubahan luas tutupan hutan mangrove pada setiap periode. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa luas tutupan lahan mangrove pada tahun 2002 adalah seluas 1098,6 ha, pada tahun 2014 seluas 1086,3 ha, dan pada tahun 2021 seluas 1079,2 ha. Terdapat perbedaan antara luas Tahura yang tercatat 1373,5 ha dibandingkan dengan luas tutupan mangrove, hal ini dikarenakan tidak semua kawasan Tahura difungsikan sebagai hutan mangrove (BPKH, 2014) . Hasil analisis menemukan terjadi penurunan luas tutupan mangrove secara total dari tahun ke tahun. Seluas 44 Hektar tutupan mangrove telah hilang dari tahun 2002 sampai pada tahun 2021. Hal ini dikarenakan terjadinya alih fungsi untuk pembuatan akses Jalan Tol Bali Mandara, Kanal Tukad Mati, pembuatan jalan dan kanal di utara Pulau Serangan dan pembangunan IPAL, pembuatan jaringan pipa pertamina, dan sebagainya. Selain itu beberapa hutan mangrove juga diketahui menghilang di sekitar Pulau Serangan. Akan tetapi selain mangrove yang menghilang terdapat juga penambahan hutan mangrove pada periode tersebut yang ditunjukkan dengan warna kuning pada Gambar 4a-c. Perluasan ditemukan utamanya kearah dalam teluk dan disekitar jalan akses menuju jembatan ke Pulau Serangan. Hal ini dikarenakan secara alami hutan berkembang ke arah dalam teluk dapat diakibatkan karena adanya pendangkalan teluk. Selain itu program-program penanaman mangrove juga berkontribusi pada penambahan luas tutupan mangrove. Luasan tutupan mangrove dan perubahannya setiap periode secara lengkap disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis luasan tutupan hutan mangrove dan Perubahannya dari tahun 2002-2021

Periode	2002	2014	2021
Luas Eksisting (ha)	1098,6	1086,3	1079,2
Tetap (<i>evergreen</i>) dari tahun 2002 (ha)	x	1069,7	1054,5
Tetap (<i>evergreen</i>) dari tahun 2014 (ha)	x	x	1068,0
Bekurang (<i>loss</i>) dari tahun 2002 (ha)	x	28,9	44,0
Berkurang (<i>loss</i>) dari tahun 2014 (ha)	x	x	18,3
Bertambah (<i>gain</i>) dari tahun 2002 (ha)	x	16,7	24,7
Bertambah (<i>gain</i>) dari tahun 2014 (ha)	x	x	11,2

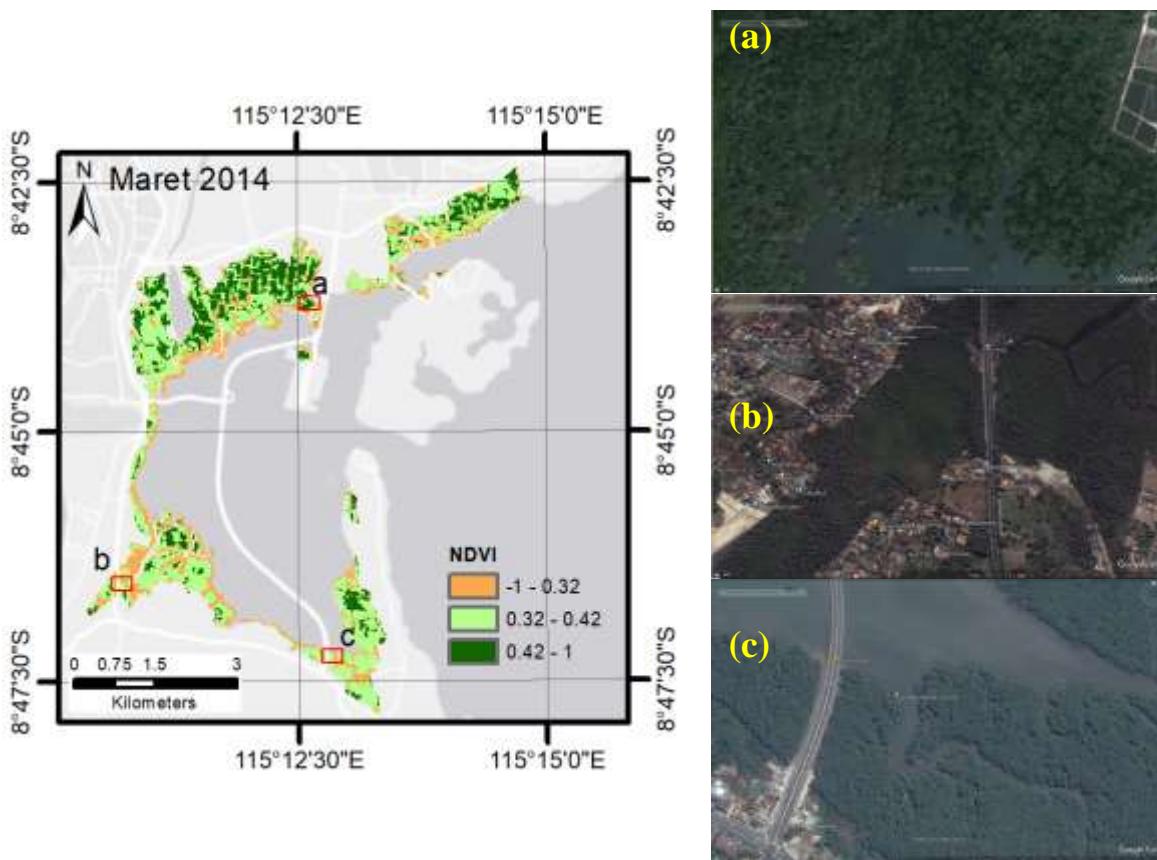
Setelah menganalisis perubahan luasan tutupan mangrove, pada penelitian ini dilanjutkan menganalisis kerapatan vegetasinya dengan metode NDVI. Nilai NDVI terendah dan tebesar pada tahun 2002 masing-masing didapatkan -0,95 dan 0,48, sedangkan nilai rata-ratanya adalah 0,13. Untuk tahun 2014 nilai terendah dan tertinggi adalah -0,21 dan 0,56 dengan nilai rata-rata 0,36. Pada tahun 2021, nilai NDVI terendah dan tertinggi diperoleh 0,20 dan 0,55 dengan nilai rata-rata 0,35. Nilai NDVI rata-rata tertinggi ditemukan pada tahun 2014, dan yang terendah pada tahun 2002. Hal ini menunjukkan tutupan mangrove menjadi semakin lebat. Perubahan ini sangat rasional karena kerapatan veggasi akan bertambah secara alami dengan membesarnya pohon-pohon mangrove. Akan tetapi terjadi sedikit penurunan kerapatan tajuk pada periode 2014-2021. Penurunan kerapatan ini mungkin disebabkan oleh pengaruh dari pembangunan Jalan Tol Bali Mandara, dan ini memerlukan penelitian lanjutan yang lebih mendalam.

Nilai NDVI kemudian diklasifikasikan menurut kriteria yang dikeluarkan oleh Menteri kehutanan Indonesia tahun 2005. Hasil klasifikasi untuk tahun 2002, 2014, dan 2021 masing-masing ditampilkan pada Gambar 5-7. Gambar 5 memperlihatkan sebagian besar tutupan mangrove pada tahun 2002 dikategorikan jarang dengan luas 1042,8 ha. Seluas 55,9 ha dikategorikan dengan kerapatan sedang, dan hanya 0,6 ha yang termasuk kategori lebat. Citra satelit resolusi tinggi (CSRT) *google earth* pada tahun yang sama untuk daerah sampel juga memperlihatkan dengan jelas kondisi tutupan mangrove secara visual. Terlihat tutupan mangrove sangat jarang utamanya pada area (b) dan sedang mendekati lebat pada area (a) dan (c)



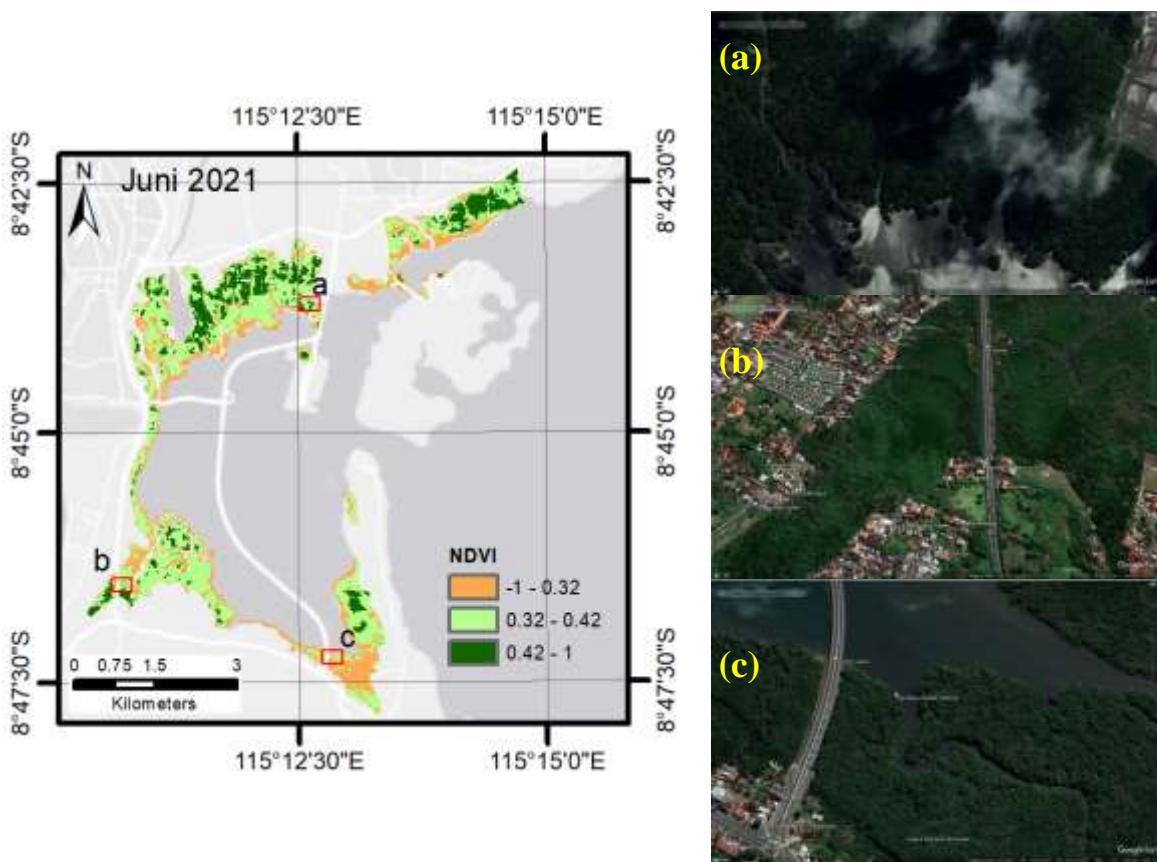
Gambar 5. Sebaran kerapatan vegetasi mangrove pada tahun 2002 berdasarkan hasil perhitungan NDVI dan divalidasi dengan citra satelit resolusi tinggi (CSRT) *google earth* pada tahun yang sama di tiga area terpilih

Gambar 6. menunjukkan sebaran kerapatan vegetasi mangrove pada tahun 2014. Pada tahun tersebut ditemukan terjadi penurunan luas mangrove dengan kategori jarang, dan sebaliknya terjadi peningkatan luas tutupan mangrove dengan kategori sedang dan lebat. Luas tutupan mangrove dengan kategori jarang, sedang, dan lebat pada tahun 2014 masing-masing 260,4 Ha, 568 Ha, dan 258,7 Ha. Peningkatan kerapatan tajuk tersebut merata hampir di semua area Tahura. Dalam CSRT dapat terlihat dengan jelas peningkatan kerapatan vegetasi mangrove pada area (a) dan area (b) dibandingkan dengan tahun 2002. Akses Jalan Tol Bali Mandara juga terlihat dengan jelas pada area c, yang mana pada tahun 2002 merupakan tutupan mangrove.



Gambar 6. Sebaran kerapatan vegetasi mangrove pada tahun 2014 berdasarkan hasil perhitungan NDVI dan divalidasi dengan citra satelit resolusi tinggi (CSRT) google earth pada tahun yang sama di tiga area terpilih.

Pada tahun 2021 ditemukan penurunan luas tutupan yang berkategori lebat seluas 61,2 ha dibandingkan dengan tahun 2014. Luas tutupan yang berkategori lebat menjadi 197,5 ha, sedangkan yang berkategori sedang dan jarang berturut-turut 571,6 ha dan 310,6 ha. Perubahan tutupan lahan dari lebat di tahun 2014 menjadi sedang pada tahun 2021 utamanya ditemukan di area sekitar pintu masuk Tol Bali Mandara dari Nusadua (area c) seperti pada Gambar 7. Sebaran kerapatan mangrove yang tinggi ditemukan pada daerah-daerah yang didominasi oleh mangrove dari spesies *S.alba* (Imamsyah et al., 2020) Sedangkan ke arah dalam teluk kerapatan vegetasi mulai berkurang seiring dengan dominasi vegetasi jenis api-api (*Avicennia sp*). Hal ini bersesuaian dengan struktur api-api yang memiliki ukuran pohon relatif kecil (Djamaluddin, 2018). Luasan tutupan mangrove sesuai kategori dan perubahannya secara lengkap disajikan pada Tabel 4.



Gambar 7. Sebaran kerapatan vegetasi mangrove pada tahun 2021 berdasarkan hasil perhitungan NDVI dan divalidasi dengan citra satelit resolusi tinggi (CSRT) *google earth* pada tahun yang sama di tiga area terpilih.

Tabel 4. Kerapatan tajuk tutupan vegetasi mangrove berserta perubahan luasnya dari tahun 2002 sampai tahun 2021

Nilai NDVI	Luas tutupan hutan mangrove menurut kerapatan tajuknya (Ha)			Perubahan Luasan Kerapatan Tajuk (Ha)		
	2002	2014	2021	2002-2014	2014-2021	2002-2021
	-1,0 ≤ NDVI ≤ 0,32	1042,8	260,4	310,6	-782,4	50,2
0,33 ≤ NDVI ≤ 0,42	55,9	568,0	571,6	512,1	3,6	515,7
0,43 ≤ NDVI ≤ 1,00	0,6	258,7	197,5	258,1	-61,2	196,9
Luas Total	1099,4	1087,1	1079,7	-12,2	-7,4	-19,6

Banyaknya tekanan terhadap hutan mangrove di Tahura Ngurah Rai telah mempengaruhi dinamika perkembangannya baik luasan tutupan dan kerapatannya. Sebagian besar kawasan Tahura Ngurah Rai awalnya merupakan kawasan tambak dan hanya menyisakan sedikit mangrove alami yang kondisinya pun sudah rusak. Upaya reboisasi telah dilakukan semenjak tahun 1993 dengan bantuan dari JICA (BPKH, 2014). Upaya reboisasi ini tentu memerlukan waktu yang panjang untuk dapat mengembalikan hutan mangrove ke kondisi semula. Upaya reboisasi dan pengelolaan mangrove sepertinya telah menunjukkan keberhasilan yang dibuktikan dengan semakin rapatnya vegetasi dari tahun 2002 sampai pada tahun 2021. Akan tetapi luasan tutupan mangrove terus mengalami pengurangan akibat adanya alih fungsi lahan, dan matinya tanaman

mangrove pada zona-zona yang dekat dengan aktivitas manusia yang tinggi. Upaya pengelolaan mangrove perlu ditingkatkan sehingga pemanfaatan mangrove tidak merusak kwalitas/menurunkan kerapatan vegetasinya. Beberapa model pengelolaan mangrove yang telah ada dapat diaplikasikan (Vipriyanti et al., 2022). Selain itu, kajian-kajian yang lebih mendalam perlu dilakukan untuk merumuskan strategi-strategi yang tepat untuk pengelolaan mangrove yang berkelanjutan. Sehingga hutan mangrove di Tahura Ngurah Rai tetap lestari untuk mendukung keberadaan organisme/biota-biota lainnya dan utamanya sebagai paru-paru Kota Denpasar dan sekitarnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih ke beberapa pihak atas terpublikasinya hasil penelitian ini yaitu Universitas Mahasaraswati Denpasar dan Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment yang merupakan tempat institusi penulis bernaung, kepada USGS karena sudah menyediakan data Landsat-7 dan Landsat-8. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada editor dan reviewer yang telah memberi masukan dan saran untuk penyempurnaan artikel ini

KESIMPULAN

Analisis *spatio-temporal* perubahan luasan dan tutupan vegetasi hutan mangrove telah dilakukan dengan memanfaatkan citra Satelit Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI. Terdapat 3 periode pengamatan yang dianalisis yakni citra dengan perekaman tanggal 21 Mei 2002, 27 Maret 2014, dan 2 Juni 2021. Deliniasi tutupan mangrove dilakukan secara visual dengan citra komposit warna semu RGB 342 untuk Landsat 7 ETM dan RGB 452 untuk Landsat 8 OLI. Dari analisis diperoleh luasan total tutupan hutan mangrove dari tahun ke tahun yaitu 1098,6 ha pada tahun 2002, 1086,3 ha pada tahun 2014, dan 1079,2 ha pada tahun 2021. Terdapat daerah-daerah yang hutan mangrovanya telah hilang (*loss*) karena beralih fungsi dan/atau mati. Akan tetapi beberapa wilayah ditemukan hutan mangrove yang bertumbuh (*gain*), utamanya kearah teluk dan tempat-tempat dilaksanakannya program reboisasi. Secara keseluruhan terjadi penurunan luas total tutupan mangrove sebanyak 19,6 ha (1,78%) dari tahun 2002 sampai pada tahun 2021.

Kualitas rapat tutupan mangrove dievaluasi dengan metode NDVI dan diperoleh rata-rata nilai NDVI untuk tahun 2002 adalah 0,13 yang termasuk kategori jarang. Sedangkan pada tahun 2014 dan 2021 masing-masing diperoleh rata-rata nilai NDVI sebesar 0,36 dan 0,35 yang termasuk kategori sedang. Hal ini menunjukkan secara umum tutupan hutan mangrove di Tahura Ngurah Rai semakin rapat dibandingkan tahun 2002. Akan tetapi sebaran kerapatan mangrove tidak merata dan ditemukan dinamika perubahan tutupan dari lebat menjadi sedang dan jarang seluas 61,2 Ha (23,66%) pada periode 2014-2021. Periode 2014-2021 adalah periode dimana Jalan Tol Bali Mandara sudah selesai di bangun dan beroperasi. Kajian-kajian lebih mendalam diperlukan untuk mengetahui pengaruh Jalan Tol Bali Mandara juga faktor-faktor lain yang menyebabkan terjadi penurunan kerapatan tutupan mangrove di Tahura Ngurah Rai.

DAFTAR PUSTAKA

- BPKH, 2014. Informasi Tahura Ngurah rai, Buklet Tahura. Denpasar.
Dan, T.T., Chen, C.F., Chiang, S.H., Ogawa, S., 2016. Mapping and Change Analysis in Mangrove Forest By Using Landsat Imagery. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. III-8, 109–116. <https://doi.org/10.5194/isprsnannals-iii-8-109-2016>

- Departemen Kehutanan, 2005. Pedoman inventarisasi dan identifikasi lahan kritis mangrove 13.
- Dewi, N.L.P.M., Maharani, S.E., 2021. Keanekaragaman Jenis Mangrove Pada TAHURA Ngurah Rai Sekitar PLTD/G Pesanggaran. *J. Ecocentrism* 2, 6–15.
- Djamaruddin, R., 2018. Mangrove : Biologi, Ekologi, Rehabilitasi, dan Konservasi.
- Hidayah, Z., Ilmu, J., Universitas, K., Madura, T., Perikanan, J., Udayana, U., 2002. Analisa Temporal Perubahan Luas Hutan Mangrove Di Kabupaten Sidoarjo Dengan Memanfaatkan Data 13, 318–326.
- Imamsyah, A., Bengen, D.G., Ismet, M.S., 2020. Struktur Dan Sebaran Vegetasi Mangrove Berdasarkan Kualitas Lingkungan Biofisik Di Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *ECOTROPHIC J. Ilmu Lingkung. (Journal Environ. Sci.)* 14, 88. <https://doi.org/10.24843/ejes.2020.v14.i01.p08>
- Lugina, M., Alviya, I., Indartik, Pribadi, M.A., 2017. Strategi Keberlanjutan Pengelolaan Hutan Mangrove Di. *J. Anal. Kebijak. Kehutan.* 14, 61–77.
- Manurung, V.T., Sunarta, I.N., 2016. Konservasi Sumber Daya Taman Hutan Raya Ngurah Rai Sebagai Destinasi Ekowisata. *J. Destin. Pariwisata* 4, 20. <https://doi.org/10.24843/jdepar.2016.v04.i02.p04>
- Phiri, D., Morgenroth, J., 2017. Developments in Landsat land cover classification methods: A review. *Remote Sens.* 9. <https://doi.org/10.3390/rs9090967>
- Prăvălie, R., Sîrodoev, I., Nita, I.A., Patriche, C., Dumitrașcu, M., Roșca, B., Tișcovschi, A., Bandoc, G., Săvulescu, I., Mănoiu, V., Birsan, M.V., 2022. NDVI-based ecological dynamics of forest vegetation and its relationship to climate change in Romania during 1987–2018. *Ecol. Indic.* 136. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108629>
- Rahaman, K.R., Hassan, Q.K., Ahmed, M.R., 2017. Pan-sharpening of landsat-8 images and its application in calculating vegetation greenness and canopy water contents. *ISPRS Int. J. Geo-Information* 6. <https://doi.org/10.3390/ijgi6060168>
- Raynaldo, A., Mukhtar, E., Novarino, W., 2020. Mapping and change analysis of mangrove forest by using landsat imagery in mandeh bay, west sumatra, indonesia. *AACL Bioflux* 13, 2144–2151.
- Sugiyanti, Y., 2020. Pelestarian Ekosistem Mangrove Di Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai, Desa Suwung, Denpasar, Bali. *J. Green Growth dan Manaj. Lingkung.* 9, 26–33. <https://doi.org/10.21009/jgg.091.04>
- Vipriyanti, N.U., Semadi, I.G.N.M.D., Fauzi, A., 2022. Developing mangrove ecotourism in Nusa Penida Sacred Island, Bali, Indonesia. *Environ. Dev. Sustain.* <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02721-9>