

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/350963306>

# Temporal Analysis of Mangrove Forest Changes Using Sentinel-2 Satellite Imagery Case Study in Tanakeke Island, Takalar District

Conference Paper in Seminar Nasional Geomatika · April 2021

DOI: 10.24895/SNG.2020.0-0.1193

CITATION

1

READS

755

4 authors, including:



**Athar Abdurrahman Bayanuddin**

National Research and Innovation Agency (BRIN)

14 PUBLICATIONS 34 CITATIONS

SEE PROFILE

**Ferman Setia Nugroho**

20 PUBLICATIONS 19 CITATIONS

SEE PROFILE



**Nita Rukminasari**

Universitas Hasanuddin

52 PUBLICATIONS 218 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Waste management, community services activities [View project](#)



Topographic Correction of SPOT-6/7 [View project](#)

# **ANALISIS TEMPORAL PERUBAHAN HUTAN MANGROVE MENGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL-2**

Studi Kasus di Pulau Tanakeke, Kabupaten Takalar

*( Temporal Analysis of Mangrove Forest Changes Using Sentinel-2 Satellite Imagery  
Case Study in Tanakeke Island, Takalar District)*

**Andi Tenri Waru<sup>1</sup>, Athar Abdurrahman Bayanuddin<sup>2</sup>, Ferman Setia  
Nugroho<sup>2</sup>, Nita Rukminasari<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas  
Hasanuddin

<sup>2</sup>Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)  
Jalan Perintis Kemerdekaan KM 10 Makassar, Sulawesi Selatan  
E-mail: [atwtenrii@gmail.com](mailto:atwtenrii@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Pulau Tanakeke merupakan salah satu pulau dengan hutan mangrove yang luas di pesisir Sulawesi Selatan. Hutan mangrove ini menjadi ekosistem penting bagi masyarakat sekitar karena nilai ekologi maupun ekonominya. Namun, dalam kurun waktu sekitar tahun 1980-2000, keberadaan mangrove tersebut terancam oleh perubahan penggunaan lahan dan juga pemanfaatan yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan temporal luas dan tingkat kerapatan hutan mangrove di Pulau Tanakeke antara tahun 2016 dan 2019. Metode analisis perubahan luasan hutan mangrove menggunakan data citra satelit Sentinel-2 multi temporal berdasarkan hasil klasifikasi hutan mangrove dengan menggunakan *random forest* pada *platform Google Earth Engine*. Akurasi keseluruhan hasil klasifikasi hutan mangrove tahun 2016 dan 2019 sebesar 91% dan 98%. Berdasarkan hasil analisis spasial diperoleh perubahan penurunan luasan mangrove yang signifikan dari 800,21 ha menjadi 640,15 ha. Kerapatan mangrove di Pulau Tanakeke sebagian besar tergolong kategori dalam kerapatan tinggi.

**Kata kunci:** mangrove, multitemporal, sentinel-2, random forest, Pulau Tanakeke

## **ABSTRACT**

*Tanakeke Island is one of the islands with the largest mangrove forest on the coast of South Sulawesi. This mangrove is a valuable ecosystem for the surrounding community because of its important ecological and economic value. However, from 1980 to 2000, the existence of these mangroves was threatened by changes in land use and also uncontrolled utilization. This research aims to analyze the temporal changes in the area and a density level of mangrove forests on Tanakeke Island between 2016 and 2019. The method of analyzing changes in the area of mangrove forests uses multi-temporal Sentinel-2 satellite image data based on the results of mangrove forests classification using random forest on the Google Earth Engine platform. The overall accuracy of the classification of mangrove forests in 2016 and 2019 was 91% and 98%. Based on the results of spatial analysis, it was found that a significant reduction in mangrove area changes from 800.21 ha to 640.15 ha. Mangrove density in most parts of Tanakeke Island belongs to the category of high.*

**Keywords:** mangrove, multitemporal, sentinel-2, random forest, Tanakeke Island

## **PENDAHULUAN**

Hutan mangrove merupakan ekosistem peralihan antara darat dan laut yang memiliki peran serta fungsi sangat besar. Secara ekologis mangrove berperan penting dalam mata rantai makanan di suatu perairan serta memiliki kontribusi terhadap keseimbangan siklus biologi perairan. Disamping itu, hutan mangrove juga mempunyai nilai ekonomis tinggi yang menguntungkan bagi masyarakat pesisir (Karimah, 2017). Namun seiring dengan

meningkatnya laju populasi manusia dan tingginya tekanan dari aktivitas penduduk disekitar ekosistem menyebabkan menurunnya kualitas dan kuantitas dari hutan mangrove.

Menurut data BPS (2016), kerusakan hutan mangrove terbesar terjadi di Provinsi Sulawesi Selatan dengan tingkat kerusakan sebesar 52%. Pulau Tanakeke menjadi salah satu kawasan ekosistem hutan mangrove di Sulawesi Selatan yang terindikasi mengalami kerusakan. Pada awal tahun 1980, luas hutan mangrove di Pulau Tanakeke sebesar 1.770 hektar, kemudian pada tahun 1993 mengalami penurunan hingga hampir setengahnya, akibat dari konversi hutan mangrove menjadi lahan tambak, menjadi 1.330 hektar dan pada tahun 2013 tersisa 951,11 hektar. Tingginya tingkat ketergantungan masyarakat terhadap hutan mangrove menyebabkan terjadinya deforestasi di kawasan ini. Sebagian besar masyarakat melakukan penebangan mangrove demi memenuhi kebutuhan kayu bakar dan bahan baku industri arang lokal (Akbar, 2014).

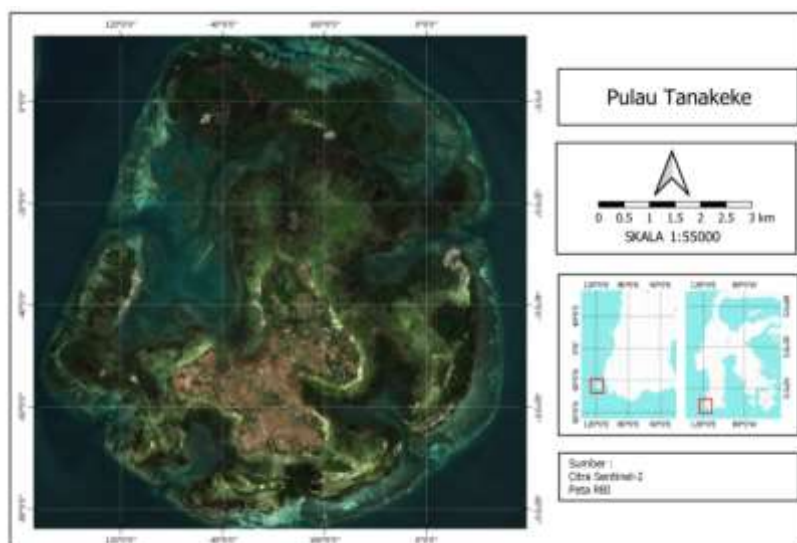
Melihat kondisi mangrove di Pulau Tanakeke yang terus mengalami degradasi maka perlu dilakukan suatu kajian mengenai kondisi dan perubahan mangrove yang terjadi. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu dengan bantuan teknologi penginderaan jauh. Penggunaan penginderaan jauh menjadi sangat populer disebabkan teknologi ini memiliki beberapa kelebihan seperti: harganya yang relatif murah dan mudah didapat, adanya resolusi temporal (perulangan) sehingga dapat digunakan untuk keperluan *monitoring*, cakupannya yang luas dan mampu menjangkau daerah yang terpencil serta bentuk datanya yang digital sehingga dapat digunakan dalam berbagai keperluan dan ditampilkan sesuai keinginan (Suwargana, 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan hutan mangrove di Pulau Tanakeke, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan yang terjadi dalam rentang waktu tahun 2016 hingga 2019 dengan menggunakan citra satelit Sentinel-2. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi pertimbangan bagi pemegang kebijakan dan pengelola lingkungan dalam merancang pengelolaan mangrove di Pulau Tanakeke agar dapat tetap lestari dan berkelanjutan.

## METODE

### Lokasi Penelitian

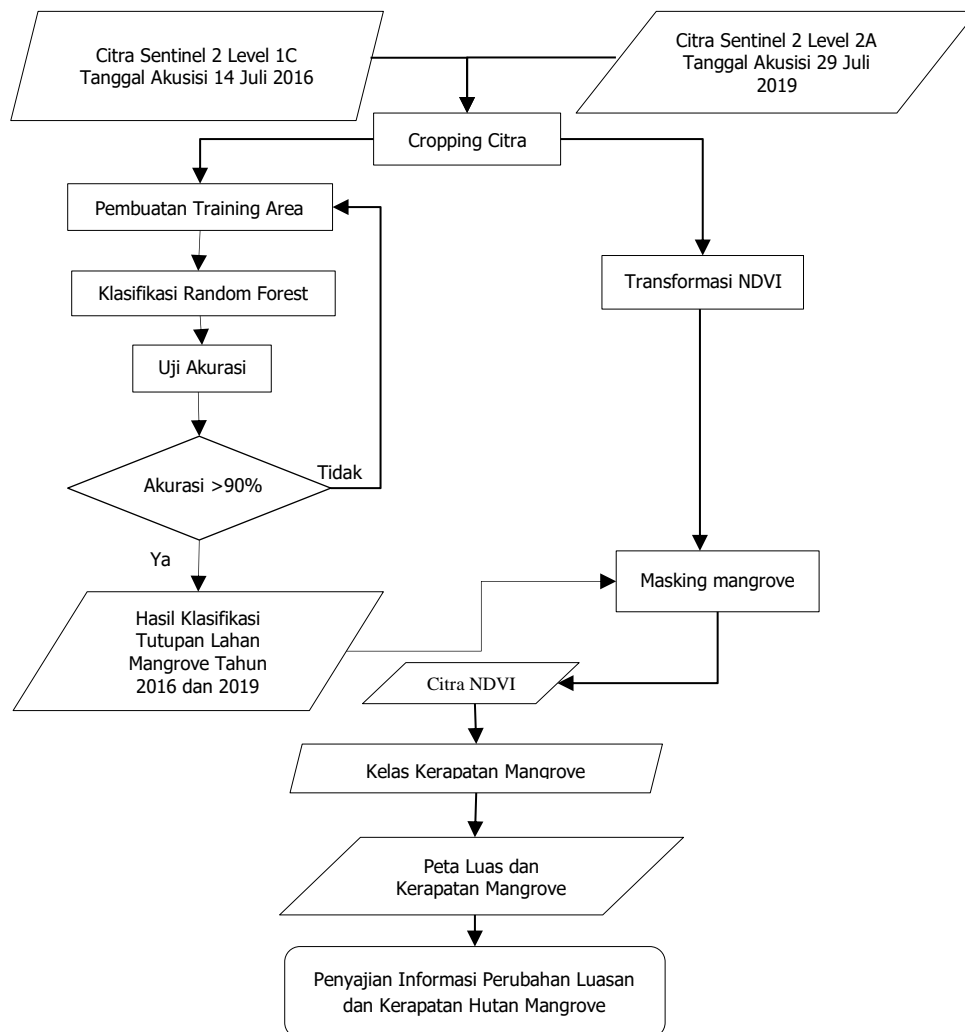
Penelitian dilakukan di Pulau Tanakeke, Kecamatan Mappasunggu, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan yang terletak pada 119°14' sampai 119°20' bujur timur hingga 5°26' sampai 5°32' lintang selatan, dengan luas pulau 43,12 km<sup>2</sup>. Secara administratif, Pulau Tanakeke terdiri dari lima desa, yaitu: Desa Maccini Baji, Desa Balangdatu, Desa Tompotana, Desa Rewataya dan Desa Mattirobaji (**Gambar 1**).



**Gambar 1.** Lokasi penelitian.

## Metode Penelitian

Metode penelitian terdiri dari beberapa tahapan, seperti yang dijelaskan dari diagram alir dari penelitian, yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Diagram alir penelitian.

## Data Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Sentinel-2 yang terdiri dari level 1C pada akuisisi tanggal 14 Juli 2016 dan level 2A pada akuisisi tanggal 29 Juli 2019. Ketersediaan citra Sentinel-2 (terutama sejak 2017 dengan peluncuran Sentinel-2B) dianggap sebagai peluang untuk melakukan pemetaan yang lebih baik, dengan resolusi spasial 10 meter dianggap dapat membantu pemetaan mangrove yang lebih kecil dan peningkatan resolusi temporal serta kualitas komposit citra bebas awan (Bunting et al., 2018; Nomura & Mitchard, 2018).

Proses pengolahan, perhitungan serta interpretasi data citra dilakukan pada perangkat lunak ArcGIS 10.3 dan *platform Google Earth Engine* (GEE). GEE merupakan perangkat penyimpanan dan pemrosesan data spasial berbasis komputasi awan yang merupakan solusi untuk mengatasi besarnya data spasial saat ini. Dengan menggunakan GEE maka pengolahan citra satelit tidak lagi dilakukan secara konvensional, mengunduh dan memproses, tapi dengan cara menyusun naskah pemrograman untuk memerintahkan perangkat GEE dalam mengolah data sesuai dengan yang diinginkan. Penggunaan GEE juga dapat menghemat banyak waktu pada pengolahan data yang berukuran sangat besar (Dong et al., 2020; Kumar & Mutanga, 2018; Pimple et al., 2018; Zhang & Zhang, 2020).

Tahap pengolahan dari penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman javascript yang kemudian di-*input* ke GEE untuk diproses. Tahap pengolahan meliputi memasukkan data citra satelit Sentinel-2 dan batas wilayah dari lokasi yang diteliti, klasifikasi *random forest*, uji akurasi dan transformasi NDVI.

### **Klasifikasi Random Forest**

*Random Forest* (RF) *classifier* adalah suatu algoritma yang digunakan pada klasifikasi data dalam jumlah yang besar. *Random Forest* merupakan suatu kombinasi dari banyak pohon prediksi dimana tiap pohon bergantung pada nilai dari vektor contoh acak yang saling bebas dan berdistribusi sama pada semua pohon yang ada di dalam *random forest*. Klasifikasi *random forest* dilakukan melalui penggabungan pohon (*tree*) dengan melakukan *training* pada sampel data yang dimiliki. Penggunaan pohon (*tree*) yang semakin banyak akan mempengaruhi akurasi yang akan didapatkan menjadi lebih baik (Breiman, 2001; Nomura & Mitchard, 2018; Tsai et al., 2018; Xiong et al., 2017). Klasifikasi ini digunakan untuk menghasilkan peta penutup lahan di daerah penelitian dengan input *band* 2 (biru), 3 (hijau), 4 (merah), 8 (infra merah dekat), serta *band* 11 dan 12 (infra merah tengah) citra Sentinel-2. Sampel data yang digunakan sebagai *training area* pada proses klasifikasi mengacu pada citra resolusi tinggi pada *basemap* GEE untuk membantu interpretasi penutup lahan. Data *training area* terbagi menjadi 4 kelas penutup lahan yaitu kelas vegetasi mangrove, vegetasi non-mangrove, lahan terbuka dan tubuh air.

### **Uji Akurasi**

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketepatan hasil klasifikasi yang diperoleh. Metode yang digunakan dalam menghitung akurasi hasil klasifikasi yaitu metode *confusion matrix* yang kemudian menghasilkan *overall accuracy* dari hasil perhitungan melalui GEE. Akurasi keseluruhan hanya dapat dihitung setelah semua nilai telah ditempatkan dalam matriks kesalahan. Dalam proses uji akurasi, apabila akurasi yang dihasilkan kurang dari 90% maka dilakukan revisi dalam proses pembuatan *training area*, kemudian dilakukan lagi proses klasifikasi dan uji akurasi sampai akurasi hasil klasifikasi menunjukkan nilai lebih dari 90% (Congalton & Green, 2008; Jensen, 2006).

### **Transformasi NDVI**

*Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (**Persamaan 1**) adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band NIR (*Near-Infrared Radiation*) yang digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi (Lillesand et al., 2015).

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

NIR = band infra merah dekat/*near infrared* (band 8 pada Sentinel-2)

RED = band merah (band 4 pada Sentinel-2)

Nilai piksel dari hasil perhitungan NDVI berkisar dari 0 sampai 1. Nilai-nilai tersebut dikelompokkan ke dalam 3 tingkat kerapatan sesuai dengan Peraturan Menteri Kehutanan RI Nomor P.12/Menhut-II/2012 (Kemenhut, 2012) seperti tersaji pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Kelas Kerapatan Mangrove berdasarkan Nilai NDVI.

Jenis Kerapatan	Rentang Nilai
Kerapatan Jarang	0,15 s/d 0,25
Kerapatan Sedang	0,26 s/d 0,35
Kerapatan Tinggi/Padat	0,36 s/d 1,00

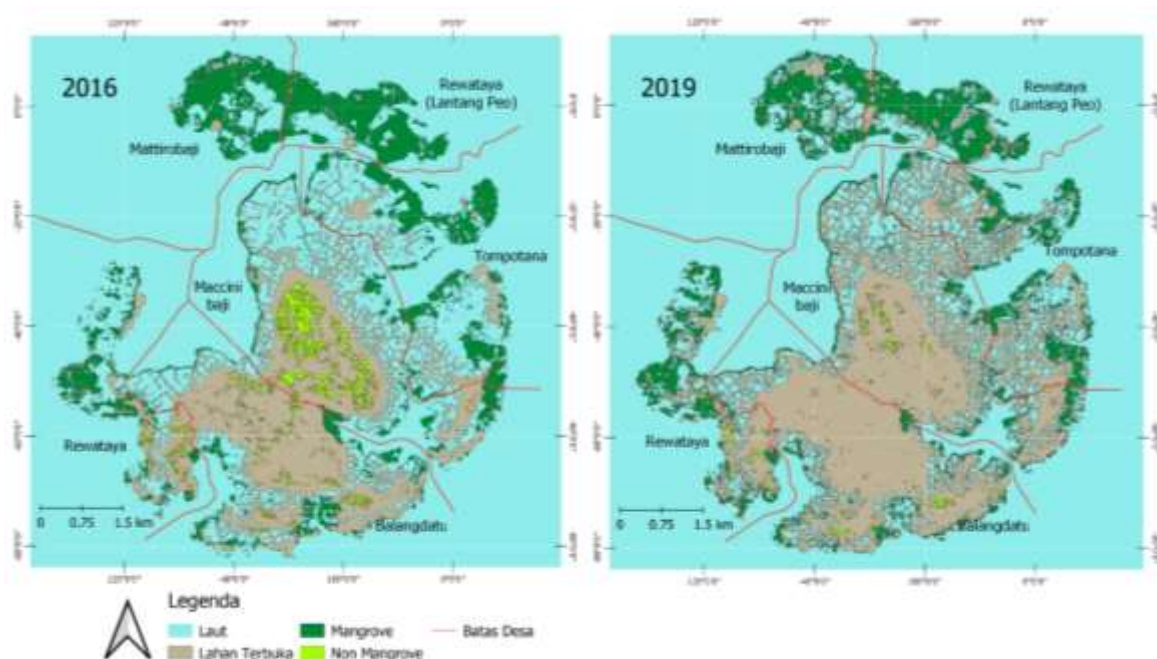
NDVI secara fungsional setara dengan rasio sederhana NIR/RED (SR); artinya, tidak ada sebaran dalam plot SR vs NDVI, dan setiap nilai SR memiliki nilai NDVI tetap. Ketika melakukan pengkelasan nilai NDVI dan SR rata-rata untuk berbagai bioma, maka akan ditemukan hasil bahwa nilai NDVI mendekati transformasi non-linear dari rasio sederhana. NDVI ini merupakan salah satu indeks vegetasi yang penting karena: (1) Perubahan musiman dan antar tahunan dalam pertumbuhan dan aktivitas vegetasi dapat dipantau; (2) Rasio mengurangi berbagai bentuk multiplikatif *noise* (perbedaan iluminasi matahari, bayangan awan, beberapa atenuasi atmosfer, beberapa variasi topografi) yang ada di beberapa band citra yang berbeda tanggal perekaman (Fassnacht et al., 2019; Nugroho, 2017; Xiong et al., 2017).

Berikut adalah kelemahan dari NDVI: (1) Indeks berbasis rasio adalah non-linier dan dapat dipengaruhi oleh efek noise aditif seperti pancaran jalur atmosfer; (2) NDVI biasanya sangat berkorelasi dengan indeks luas daun vegetasi (LAI). Namun, hubungannya mungkin tidak sekuat selama periode LAI maksimum, tampaknya karena kejenuhan NDVI saat LAI sangat tinggi. Hal yang sebaliknya berlaku untuk SR, di mana sebagian besar rentang dinamis mencakup hutan dengan biomassa tinggi dengan sedikit variasi yang disediakan untuk wilayah dengan biomassa rendah (padang rumput, semi-kering, dan bioma kering); (3) Sangat sensitif terhadap variasi latar tajuk (misalnya, tanah yang terlihat melalui kanopi). Nilai NDVI menjadi sangat tinggi jika terdapat latar belakang kanopi yang lebih gelap (Fassnacht et al., 2019; Kobayashi, 2018; Xiong et al., 2017).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Klasifikasi Mangrove dan Uji Akurasi

Dari hasil pengolahan data citra Sentinel-2 kemudian diperoleh peta sebaran penutup lahan Pulau Tanakeke tahun 2016 dan 2019 (lihat **Gambar 3**). Pengujian akurasi klasifikasi dilakukan menggunakan sampel acak dari 5 piksel uji per kelas (total 20). Piksel uji dihasilkan melalui penilaian visual dari citra resolusi tinggi pada *basemap Earth Engine* yang ditempatkan di luar dari piksel klasifikasi asli untuk memastikan independensi dari pengujian. Hasil uji akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) dari data tahun 2016 dan 2019 menunjukkan nilai sebesar 91% dan 98%. Nilai ini didapatkan dari pembagian antara jumlah keseluruhan piksel yang terklasifikasi secara benar dengan jumlah keseluruhan piksel referensi.



**Gambar 3.** Tutupan lahan Pulau Tanakeke tahun 2016 dan 2019.

## Perubahan Tutupan Lahan

Peta hasil klasifikasi penutup lahan menunjukkan bahwa mangrove di Pulau Tanakeke terdistribusi secara merata disetiap sudut pulau. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan signifikan di sisi barat daya dan timur laut Pulau Tanakeke yaitu Desa Rewataya dan Tompotana. Beberapa kawasan mangrove di desa tersebut telah mengalami degradasi lahan mangrove pada tahun 2019. Secara rinci perubahan tutupan lahan yang terjadi pada tahun 2016 dan 2019 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

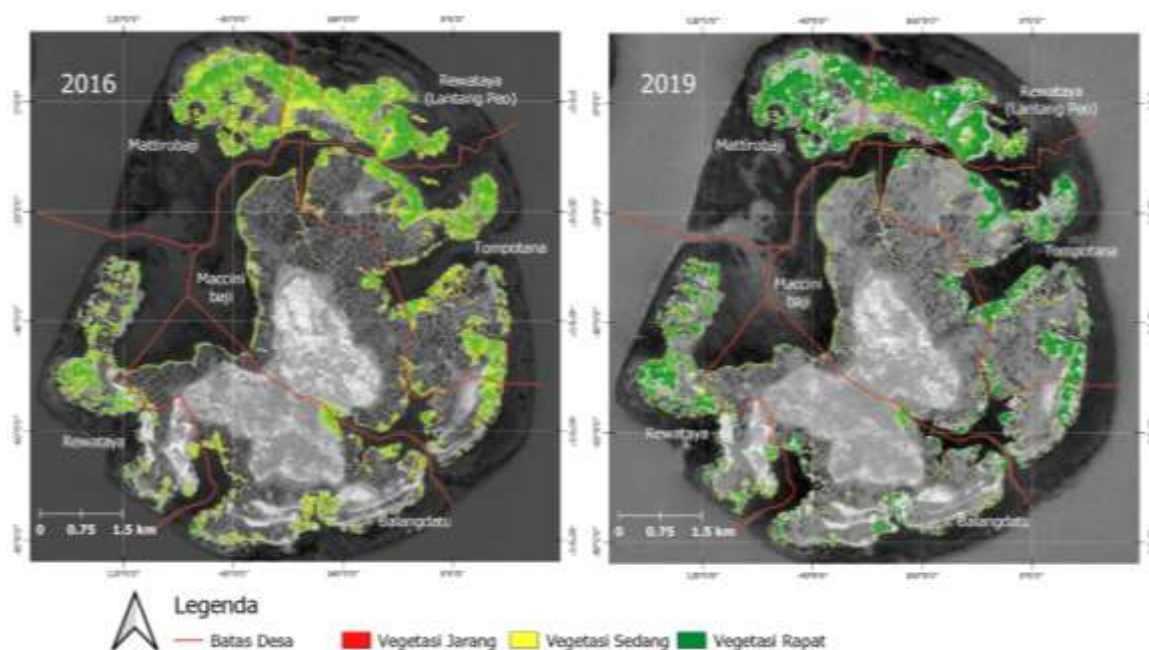
**Tabel 2.** Luas penutup lahan di Pulau Tanakeke.

Penutup Lahan	Luas (Ha)		Total Perubahan Lahan (Ha)	Total Perubahan (%)
	2016	2019		
Vegetasi Mangrove	800,21	640,15	160,06	-11%
Vegetasi Non-Mangrove	139,35	37,91	101,44	-58%
Lahan Terbuka	1396,36	2047,54	651,18	19%

Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa luasan mangrove di Pulau Tanakeke mengalami penurunan luasan sebesar 11% atau setara dengan 160,16 ha selama 2016 hingga 2019. Penurunan yang terjadi disebabkan karena ketergantungan masyarakat lokal terhadap ekosistem hutan mangrove. Sebagai salah satu sumberdaya pesisir yang memungkinkan untuk menopang perekonomian masyarakat lokal, mangrove banyak dimanfaatkan sebagai komoditi utama untuk bahan baku produksi arang lokal, tiang penyangga tali rumput laut dan tiang penyangga jaring/sero (bila). Selain itu, pada sektor perikanan budidaya, masyarakat mengkonversi hutan mangrove menjadi lahan tambak (Auliansyah et al., 2020).

## Perubahan Tingkat Kerapatan Vegetasi Mangrove

Dari hasil transformasi NDVI data citra Sentinel-2 pada tahun 2016 dan 2019 kerapatan mangrove dibagi dalam 3 kelas kerapatan yaitu vegetasi jarang, vegetasi sedang dan vegetasi padat (lihat **Gambar 4**).



**Gambar 4.** Kerapatan vegetasi mangrove tahun 2016 dan 2019.



Berdasarkan hasil transformasi NDVI yang berada pada selang nilai 0-1, dilakukan perhitungan luas dari masing-masing kelas kerapatan mangrove pada tiap desa di Pulau Tanakeke. Luas kerapatan dari masing-masing kelas dapat dilihat secara jelas pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Luas kerapatan hutan mangrove di Pulau Tanakeke.

Desa	Luas Mangrove Tahun 2016 (Ha)		Total	Luas Mangrove Tahun 2019 (Ha)			Total
	Sedang	Padat		Jarang	Sedang	Padat	
Tompotana	5,46	189,57	195,03	0,01	0,68	124,37	125,06
Rewataya	2,81	184,80	187,61	0,01	0,58	108,39	108,98
Rewataya (Lantang Peo)	2,06	89,37	91,43	-	0,67	162,85	163,52
Mattirobaji	2,47	184,60	187,07	-	0,69	142,36	143,05
Maccinibaji	2,29	66,86	69,15	0,07	0,24	49,84	50,15
Balangdatu	3,55	66,37	69,92	0,03	0,17	49,19	49,39
Total	18,33	781,25	800,21	0,12	3,03	637	640,15

Hasil transformasi NDVI menunjukkan bahwa perubahan luas mangrove di Pulau Tanakeke didominasi oleh perubahan luas kelas vegetasi padat. Mangrove dengan kelas vegetasi sedang dan padat mengalami penurunan luas mangrove selama 3 tahun dari 2016 hingga 2019 sebesar 15,3 ha dan 144, 25 ha. Sedangkan mangrove dengan kelas vegetasi jarang mengalami peningkatan luas sebesar 0,12 ha.

Desa Rewataya (Lantang Peo) merupakan satu-satunya desa di Pulau Tanakeke yang mengalami peningkatan tingkat kerapatan mangrove. Hal ini dikarenakan Desa Rewataya (Lantang Peo) telah disepakati sebagai kawasan lindung mangrove oleh masyarakat Pulau Tanakeke, sehingga tidak ada aktivitas kerusakan hutan mangrove didesa tersebut. Selain itu, peningkatan luasan kelas kerapatan vegetasi mangrove dapat terjadi karena adanya penambahan jumlah populasi mangrove ataupun tajuk mangrove yang semakin lebat (Moore, 2018).

Sedangkan desa yang mengalami penurunan tingkat kerapatan mangrove yang paling signifikan terjadi pada Desa Rewataya dan Desa Tompotana. Faktor yang mempengaruhi penurunan luasan kerapatan mangrove di desa ini diantaranya yaitu konversi lahan menjadi tambak dan pemanfaatan mangrove menjadi bahan baku arang, terutamanya di Desa Tompotana yang merupakan sentra industri arang di Pulau Tanakeke (Setiawan, 2015).

### Dampak Kerusakan dan Upaya Penanggulangan

Pemanfaatan hutan mangrove yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada ekosistem mangrove sehingga berdampak kepada masyarakat disekitarnya. Perubahan lingkungan yang muncul, menimbulkan sejumlah kerugian bagi masyarakat seperti kerusakan pematang tambak dan bangunan rumah serta penurunan hasil perikanan tangkap. Penderitaan masyarakat juga diperparah dengan bahaya abrasi dan banjir akibat pasang air laut yang semakin sering terjadi karena tidak adanya penghalang berupa hutan mangrove (Anhar et al., 2019).

Selain itu, penurunan luas vegetasi mangrove juga akan berdampak pada berkurangnya layanan ekosistem pesisir. Hal tersebut menimbulkan dampak negatif berupa penurunan produksi sektor perikanan, penurunan keragaman biodiversitas, fungsi proteksi pantai yang



hilang dan kapasitas biosfer dalam menyerap gas rumah kaca terutama karbon dioksida juga akan menurun (Wahyudi et al., 2018).

Kerugian-kerugian yang dialami masyarakat Pulau Tanakeke akibat dari degradasi mangrove kemudian menimbulkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan ekosistem mangrove. Secara bersama-sama masyarakat di kelima desa yang berada di Pulau Tanakeke membentuk sebuah kesepakatan bersama untuk melindungi kawasan ekosistem mangrove. Salah satu cara yang dilakukan yaitu dengan menetapkan kawasan lindung hutan mangrove yang disebut *Bangko Tappampang*. Kawasan lindung yang terletak di Desa Rewataya (Lantang Peo) ini memiliki luas wilayah konservasi seluas 50 ha. Untuk lebih menguatkan kesepakatan tersebut, dibuatlah peraturan desa (perdes) yang mengatur tentang pembagian zona kawasan lindung dan juga sanksi bagi yang melakukan aktivitas penebangan di kawasan tersebut (Hermawan & Setiawan, 2018; Moore, 2018; Setiawan, 2016).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemetaan tutupan lahan mangrove dengan menggunakan citra satelit Sentinel-2 diperoleh bahwa hutan mangrove di Pulau Tanakeke telah mengalami perubahan luasan maupun tingkat kerapatan dalam kurun waktu tahun 2016-2019. Total penurunan luas yang terjadi selama 3 tahun yaitu seluas 160,06 ha. Perubahan kerapatan hutan mangrove didominasi oleh kategori kelas kerapatan padat, dengan penurunan seluas 144,25 ha. Pengalihan fungsi hutan mangrove menjadi lahan tambak budidaya serta pemanfaatan mangrove sebagai bahan baku industri arang menjadi penyebab terbesar menurunnya luas kawasan hutan mangrove di Pulau Tanakeke. Untuk menghindari degradasi hutan mangrove yang lebih luas masyarakat Pulau Tanakeke telah menetapkan aturan pengelolaan ekosistem mangrove dalam sebuah kesepakatan bersama yang diperkuat dengan peraturan desa.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih disampaikan kepada peneliti dan perekayasa di Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional Parepare yang telah membantu dalam pembelajaran pemanfaatan data penginderaan jauh serta pengolahan datanya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Tim Praktik Kerja Lapangan (PKL) Manajemen Sumberdaya Perairan Universitas Hasanuddin yang ikut serta berperan dalam penyelesaian tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M.A. (2014). *Geospatial Modeling of Vegetation Cover Changes on A Small Island: Tanakeke Island, Takalar District, South Sulawesi*. Graduate School Thesis Bogor Agricultur University. Bogor. 49hlm.
- Anhar, F.P., Hidayat, A., & Ekayani, M. (2019). Analysis of benefits and losses values of mangrove ecosystem uses in the Tanakeke Island, South Sulawesi. *Sosial Ekonomi Kelautan Perikanan* 14(1), 1-12. <http://dx.doi.org/10.15578/jsekp.v14i1.6773>.
- Auliansyah, Kusumastanto, T., Sadelie, A., Aprianti, Y., Sulindrana, A., & Nurfadillah. (2020). Valuasi ekonomi dan penilaian kerusakan kawasan ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke Kabupaten Takalar. *Inovasi: Jurnal Ekonomi Keuangan dan Manajemen*, 16(1), 72-83. <http://dx.doi.org/10.29264/jinv.v16i1.7331>.
- BPS (Badan Pusat Statistik). (2016). *Statistik Sumber Daya Laut dan Pesisir*. Badan Pusat Statistik Indonesia. Jakarta. 259hlm.
- Breiman, L. (2001). *Random Forests*. In *Machine Learning*, 45, 5-32. Kluwer Academic Publishers. Manufactured in The Netherlands.
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R.M., Rebelo, L.M., Hilarides, L., Thomas, N., Hardy, A., Itoh, T., Shimada, M., & Finlayson, C.M. (2018). The global mangrove watch - A new 2010 global baseline of mangrove extent. *Remote Sensing*, 10(10), 1669, 1-19. <https://doi.org/10.3390/rs10101669>.
- Congalton, R.G., & Green, K. (2008). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data*. In *Assessing*

- the Accuracy of Remotely Sensed Data. 2nd Edition. CRC Press. Boca Raton, Florida. USA. 183pp.
- Dong, C., Zhao, G., Meng, Y., Li, B., & Peng, B. (2020). The effect of topographic correction on forest tree species classification accuracy. *Remote Sensing*, 12(5), 787, 1-21. <https://doi.org/10.3390/rs12050787>.
- Fassnacht, F.E., Schiller, C., Kattenborn, T., Zhao, X., & Qu, J. (2019). A Landsat-based vegetation trend product of the Tibetan Plateau for the time-period 1990-2018. *Nature Scientific Data*, 8(1), 78, 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0075-9>.
- Hermawan, A., & Setiawan, H. (2018). Kearifan lokal masyarakat Pulau Tanakeke dalam mengelola ekosistem mangrove. *Buletin Eboni*, 15(1), 53-64. <https://doi.org/10.20886/buleboni.5138>.
- Jensen, J.R. (2006). *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective*. Second Edition. Pearson Education Limited, Harlow, England. 592pp.
- Karimah. (2017). Peran ekosistem hutan mangrove sebagai habitat untuk organisme laut. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2), 51-58. <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v17i2.497>.
- Kemenhut (Kementerian Kehutanan). (2012). Peraturan Menteri Kehutanan RI Nomor P.12/Menhut-II/2012 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.32/Menhut-II/2009 Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTk RHL-DAS). Kementerian Kehutanan, Jakarta.
- Kobayashi, H. (2018). Geospatial data analysis on Google Earth Engine. *Journal of The Remote Sensing Society of Japan* 38(2), 125-130. (In Japanese). <https://doi.org/10.11440/rssj.38.125>.
- Kumar, L., & Mutanga, O. (2018b). Google Earth Engine applications since inception: Usage, trends, and potential. *Remote Sensing*, 10(10), 1509, 1-15. <https://doi.org/10.3390/rs10101509>.
- Lillesand, T., Kiefer, R., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. Seventh Ed. John Wiley and Sons, Inc., New York. 736pp.
- Moore, J.D. (2018). *Assessing Resilience of Community Mangrove Management on Tanakeke Island, Indonesia*. Master Degree Thesis National University of Singapore. Singapore. 160pp. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36748.97921>.
- Nomura, K., & Mitchard, E.T.A. (2018). More than meets the eye: Using Sentinel-2 to map small plantations in complex forest landscapes. *Remote Sensing*, 10(11), 1693, 1-15. <https://doi.org/10.3390/rs10111693>.
- Nugroho, F.S. (2017). *Image pan-sharpening on vegetation index*. Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2017, 151-158. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. The Margo Hotel, Depok 17 Oktober 2017.
- Pimple, U., Simonetti, D., Sitthi, A., Pungkul, S., Leadprathom, K., Skupek, H., Som-ard, J., Gond, V., & Towprayoon, S. (2018). Google Earth Engine based three decadal landsat imagery analysis for mapping of mangrove forests and its surroundings in the Trat Province of Thailand. *Journal of Computer and Communications*, 6(1), 247-264. <https://doi.org/10.4236/jcc.2018.61025>.
- Setiawan, H. (2015). *Studi pengelolaan hutan mangrove sebagai bahan baku industri arang di Pulau Tanakeke Kabupaten Takalar Sulawesi Selatan*. Seminar Nasional Sweindu BPTHHBK, 1-11. Mataram, 1 Oktober 2015.
- Setiawan, H. (2016). *Strategi coping masyarakat pulau kecil dalam menghadapi dampak perubahan iklim*. Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS 2016, 288-298. Hotel Syariah Solo, 4 Juni 2016.
- 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.
- Tsai, Y.H., Stow, D., Chen, H.L., Lewison, R., An, L., & Shi, L. (2018). Mapping vegetation and land use types in Fanjingshan National Nature Reserve using google earth engine. *Remote Sensing*, 10(6), 927, 1-14. <https://doi.org/10.3390/rs10060927>.
- Wahyudi, A.J., Afdal, Adi, N.S., Rustam, A., Hadiyanto, Rahmawati, S., Irawan, A., Dharmawan, I.W.E., Prayudha, B., Hafizt, M., Prayitno, H.B., Rahayu, Y. P., Solihudin, T., Ati, R.N.A., Kepel, T.L., Astrid, M.K., Daulat, A., Salim, H.L., Sudirman, N., ... & Supriyadi, I.H. (2018). *Potensi Cadangan dan Serapan Karbon Ekosistem Mangrove dan Padang Lamun Indonesia*. Intisari Bagi Pengambil Kebijakan. Program Coral Reef Management and Rehabilitation - Coral Triangle Initiative (COREMAP-CTI) TA 2018. LIPI. Jakarta. 12p.
- Xiong, J., Thenkabail, P.S., Tilton, J.C., Gumma, M.K., Teluguntla, P., Oliphant, A., Congalton, R.G., Yadav, K., & Gorelick, N. (2017). Nominal 30-m cropland extent map of continental Africa by integrating pixel-based and object-based algorithms using Sentinel-2 and Landsat-8 data on google earth engine. *Remote Sensing*, 9(10), 1065, 1-27. <https://doi.org/10.3390/rs9101065>.

Zhang, D.D., & Zhang, L. (2020). Land cover change in the central region of the lower yangtze river based on landsat imagery and the google earth engine: A case study in Nanjing, China. *Sensors (Switzerland)*, 20(7), 2091, 1-20. <https://doi.org/10.3390/s20072091>.