

ANALISIS PENGARUH LIMPASAN SEDIMEN TERSUSPENSI TERHADAP PERUBAHAN KERAPATAN DAN LUAS HUTAN MANGROVE MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL-2A MULTITEMPORAL (STUDI KASUS : TELUK BENOA, BALI)

I Komang Ary Sukma Putra^{*)}, Nurhadi Bashit, Yasser Wahyuddin

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
 Email: arysukmaputraikomang@gmail.com

ABSTRAK

Teluk Benoa merupakan teluk semi tertutup yang memiliki beberapa muara sungai dan hutan mangrove. Muara sungai tersebut akan memberikan sumbangan sedimen yang menimbulkan dampak positif bagi keberadaan mangrove. Sejak reklamasi di pulau Serangan dan pembuatan jalan tol laut Bali Mandara, banyak pohon mangrove ditebang dan tidak ditanami kembali sehingga sedimentasi tidak tertahan dan kembali ke sungai. Untuk itu perlu dilakukan pengawasan keberadaan sedimen dan pengaruhnya terhadap keberadaan mangrove. Pemanfaatan penginderaan jauh merupakan salah satu metode pendeteksi keberadaan sedimen TSS dan mangrove, memungkinkan analisis spasial secara ekonomis dan efisien. Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui hubungan antara perubahan sedimen TSS dengan kerapatan dan luas mangrove di kawasan Teluk Benoa. Penelitian ini menerapkan identifikasi mangrove dan nilai konsentrasi TSS menggunakan citra satelit Sentinel-2A tahun 2016, 2018 dan 2020. Penentuan kerapatan memanfaatkan algoritma NDVI dan band Red Edge dengan algoritma mRE-SR. Luas mangrove memanfaatkan komposit band RGB 8, 11, 4. Metode klasifikasi menggunakan klasifikasi terbimbing dan untuk mengekstraksi konsentrasi TSS digunakan tiga algoritma yaitu algoritma Laili, NSMI dan C2RCC. Hasil penelitian menunjukkan algoritma C2RCC adalah algoritma yang mampu mendeteksi kandungan TSS dibandingkan dengan algoritma Laili dan NSMI dengan akurasi mencapai 51,39%. Algoritma kerapatan mangrove menghasilkan akurasi 82,81% dan 71,14% serta klasifikasi terbimbing menghasilkan luasan mangrove sebesar 1022,91 ha, 1032,12 ha dan 1049,43 ha. Hasil uji korelasi antara TSS dengan kerapatan mangrove didapat bahwa hanya kelas kerapatan jarang saja yang memiliki korelasi dengan kelas kerapatan TSS. Hasil uji korelasi antara TSS dengan luas mangrove didapat bahwa tidak adanya hubungan antara kedua variabel tersebut.

Kata Kunci: Kerapatan, Luas mangrove, Sentinel-2A, Teluk Benoa, TSS

ABSTRACT

Teluk Benoa is a semi-closed bay that has several river estuaries and mangrove forest areas. The estuary of the river contributes sediment, which will have a positive impact on mangroves. Since the reclamation of Serangan Island and the Bali Mandara sea highway construction, many mangrove trees have been cut down and not replanted so that the sedimentation runoff is not restrained and returns to the river. For this reason, it is necessary to monitor the presence of sediment and its influence on the presence of mangroves. The use of remote sensing is a method of detecting TSS and mangrove sediments, enabling economical and efficient spatial analysis. This study is focused on determining the relationship between changes in TSS sediment and mangrove density and area in the Teluk Benoa area. This research applies mangrove identification and TSS concentration values using Sentinel-2A satellite imagery in 2016, 2018, and 2020. To classify the mangrove area, composite band RGB 8, 11, 4 was used. The Red Edge band with the mRE-SR algorithm was applied for mangrove density estimation. The classification method uses supervised classification, and three algorithms are used to extract TSS concentrations, namely Laili, NSMI, and C2RCC algorithms. The results showed that the C2RCC algorithm was an algorithm that detected TSS content compared to the Laili and NSMI algorithms with an accuracy of 51.39%. The mangrove density algorithm produces 82.81% accuracy, and the supervised classification produces mangrove areas in 2016, 2018, 2020, respectively 1022.91 ha, 1032.12 ha, and 1049.43 ha. The correlation test results between TSS and mangrove density found that only the rare density class correlated with the TSS density class. The results of the correlation test between TSS and mangrove area showed that there was no relationship between the two variables.

Keywords: Area, Density, Mangrove, Sentinel-2A, TSS, Teluk Benoa

^{*) Penulis Penanggung Jawab}

Formatted: Font: 14 pt

Formatted

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Secara administratif Teluk Benoa terletak di perairan lintas kabupaten/kota yaitu Kota Denpasar dan Kabupaten Badung, masuk dalam tiga kecamatan yaitu Denpasar Selatan, Kuta dan Kuta Selatan. Perairan Teluk ini dikelilingi oleh 12 desa/kelurahan, masing-masing 6 desa/kelurahan di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung (UPT Tahura Ngurah Rai, 2010).

Daerah sekitar Teluk Benoa memiliki kondisi yang ber lumpur dan terlindung sehingga memungkinkan berkembangnya vegetasi *mangrove*. Hutan *mangrove* secara fisik merupakan pelindung daratan dari abrasi pantai, sistem filter yang melindungi terumbu karang dan padang lamun dari ancaman kerusakan oleh sedimentasi, sampah dan air limbah yang berasal dari *surface run off* di daerah perkotaan di Kabupaten Badung dan Kota Denpasar (Sudiarta dkk., 2013).

Sejak isu reklamasi Teluk Benoa yang dimulai pada tahun 2012 saat Gubernur Bali memberikan izin reklamasi kepada PT. Tirta Wahana Bali Internasional (PT TWBI) di kawasan perairan Teluk Benoa membuat Universitas Udayana melakukan studi kelayakan atas rencana reklamasi tersebut dan dinyatakan **tidak layak**. Ketidaklayakan itu berdasarkan penelitian dan kajian dari 4 aspek yaitu: aspek teknis, aspek lingkungan, aspek sosial budaya dan aspek ekonomi finansial. Lebih lanjut dalam aspek lingkungan reklamasi akan menimbulkan hilangnya fungsi konservasi Teluk Benoa. Hutan *mangrove* yang berfungsi mencegah abrasi dan menekan laju sedimentasi dari limbah perairan sungai otomatis hilang karena ditimbun material reklamasi. Menurut Marganof dkk., pada tahun 2007 limbah yang terkandung dalam perairan sungai dapat berupa TSS. TSS merupakan padatan dalam air, termasuk diantaranya partikel tanah (tanah liat, lumpur, dan pasir), alga, plankton, dan zat lainnya dengan memiliki ukuran antara 0,004 mm (tanah liat) sampai 1,0 mm (pasir) (Ohrel dan Register, 2006).

Tingginya konsentrasi TSS pada suatu perairan akan mengakibatkan berkurangnya oksigen dalam perairan akibat penurunan aktivitas fotosintesis dari tumbuhan laut baik yang mikro maupun makro (Bilotta dan Brazier, 2008). Menurut Hendrawan pada tahun 2005 menjelaskan Teluk Benoa memiliki arus residu yang cenderung tinggi. Arus residu yang tinggi akan mempengaruhi lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pertukaran masa air dari luar teluk ke dalam teluk. Kejadian ini akan menyebabkan penumpukan polutan di wilayah dalam teluk, dan pada akhirnya akan menurunkan kualitas perairan Teluk Benoa. Tingginya konsentrasi TSS berpotensi mempengaruhi biota yang ada di kawasan Teluk Benoa.

Pengetahuan pengaruh TSS terhadap kerapatan dan luas vegetasi *mangrove* akan sangat membantu menambah sumber penelitian untuk mencegah isu reklamasi dan dalam proses perencanaan pengelolaan wilayah perairan Teluk Benoa. Menimbang dari penelitian sebelumnya dan mengingat keterbatasan

penelitian yang dilakukan berhubungan dengan TSS dan vegetasi *mangrove* di Teluk Benoa, serta pentingnya parameter tersebut dalam menjaga kualitas ekosistem perairan, maka dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap pengaruh TSS terhadap kerapatan dan luas vegetasi hutan *mangrove* di kawasan perairan Teluk Benoa dengan menggunakan instrumen Penginderaan Jauh untuk memperoleh suatu hasil kajian yang dapat dioperasionalkan, khususnya bagi pengampu kepentingan di Pemerintahan Daerah Provinsi Bali.

I.2 Rumusan Masalah

Penelitian kali ini membahas beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana besaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Teluk Benoa yang diperoleh dari hasil ekstraksi data citra Sentinel-2A?
2. Bagaimana pengaruh limpasan sedimentasi tersuspensi terhadap perubahan kerapatan *mangrove* di Teluk Benoa?
3. Bagaimana pengaruh limpasan sedimentasi tersuspensi terhadap perubahan luas hutan *mangrove* di Teluk Benoa?

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan akhir sebagai berikut:

1. Mengetahui konsentrasi sedimentasi tersuspensi atau *Total Suspended Solid* (TSS) di Teluk Benoa dari data citra Sentinel-2A.
2. Mengetahui keselarasan algoritma dalam pengolahan citra satelit untuk mengetahui konsentrasi TSS dengan data pengukuran in situ di Teluk Benoa.
3. Melakukan analisis spasial pengaruh sedimentasi terhadap perubahan kerapatan dan luasan hutan *mangrove* di Teluk Benoa.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan yang diharapkan tidak terlalu luas dan fokus pada tujuan tertentu. Batasan penelitian ini adalah:

1. Lokasi Penelitian adalah Teluk Benoa, Kabupaten Badung, Provinsi Bali.
2. Citra satelit yang digunakan adalah Citra Sentinel-2A tahun 2016, 2018 dan 2020.
3. Metode yang digunakan untuk mendeteksi vegetasi *mangrove* adalah metode *supervised classification* dengan memanfaatkan komposit *band* RGB 8, 11, 4.
4. Metode yang digunakan untuk mengetahui kerapatan *mangrove* yaitu metode mRE-SR dengan memanfaatkan *band* Red Edge dan NDVI.
5. Algoritma TSS digunakan tiga algoritma yaitu Laili, NSMI (*Normalized Suspended Material Index*) dan C2RCC (*Case 2 Regional CoastColour Processor*).
6. Uji signifikansi diterapkan dengan melakukan survei lapangan dan uji korelasi statistik.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Kajian Penelitian Terdahulu

Pelaksanaan penelitian ini didasari beberapa penelitian yang mendukung. Pada penelitian Fatimah pada tahun 2016 dilakukan penelitian hubungan antara luas hutan *mangrove* dengan TSS di Segara Anakan Kabupaten Cilacap, pengujian TSS menggunakan algoritma Syarif Budiman dan Parwati. Algoritma Parwati menjadi algoritma terbaik dalam pengujian tersebut serta TSS memiliki hubungan keterikatan dengan luas *mangrove* yang baik. Marindah pada tahun 2016 melakukan penelitian TSS di Muara Sungai Opak Yogyakarta dengan menggunakan algoritma indeks sedimen tersuspensi NDSSI (*Normalize Difference Suspended Sediment Index*), NSMI (*Normalized Suspended Material Index*) dan *band ratio*, dengan hasil menunjukkan algoritma NSMI adalah algoritma terbaik dengan nilai standar deviasi yang paling rendah. Humaira pada tahun 2019 melakukan penelitian kandungan klorofil-a dan TSS di Banjir Kanal Timur Semarang menggunakan algoritma Syarif Budiman, Laili, Parwati dan C2RCC untuk meneliti kandungan TSS dan didapat algoritma C2RCC adalah algoritma yang terbaik. Merta Yoga Pratama pada tahun 2019 meneliti kerapatan vegetasi *mangrove* di kawasan Teluk Benoa dengan menggunakan indeks vegetasi NDVI, EVI dan mRE-SR serta menggunakan citra Sentinel-2A sebagai data citranya dan didapat algoritma mRE-SR adalah algoritma terbaik dalam mendeteksi kerapatan *mangrove*. Dwi Purwanto pada tahun 2019 mengidentifikasi hutan *mangrove* menggunakan komposit *band* dari berbagai citra satelit dan diperoleh kesimpulan bahwa komposit citra sentinel 2 yaitu *band red edge, swir* dan *red* merupakan salah satu komposit *band* terbaik dalam mengidentifikasi hutan *mangrove*.

II.2 Mangrove

Indonesia adalah kawasan yang terkenal dengan hutan hujan tropisnya yang memiliki keanekaragaman ekosistem makhluk hidup. Salah satu ekosistem makhluk hidup di Indonesia itu adalah hutan *mangrove*. *Mangrove* mempunyai kemampuan unik untuk beradaptasi dengan keadaan lingkungan yang ekstrim, seperti keadaan tanah yang tergenang, kandungan garam yang tinggi serta keadaan tanah yang tidak cukup stabil (Noor, Y.R., dkk, 1999).

Menurut BPDAS Unda Anyar pada tahun 2008, vegetasi *mangrove* di Tahura Ngurah Rai Teluk Benoa untuk tingkatan pohon, jumlah jenis yang ditemukan sejumlah sembilan jenis. Jenis yang paling banyak adalah *Sonneratia alba* (jenis prapat dalam Bahasa Bali, oleh karena itu kawasan hutan ini disebut hutan Prapat Benoa). Berdasarkan besarnya nilai kelimpahan vegetasi, secara berurutan dari yang terbesar sampai terkecil jenis *mangrove* adalah *Sonneratia alba*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Rhizophora stylosa*, *Avicennia marina*, *Xylocarpus granatum*, *Excoecaria agalocha* dan *Avicennia lanata*.

II.3 Koreksi Citra

Koreksi citra merupakan proses bertujuan untuk : mengembalikan citra sesuai dengan keadaan sebenarnya terhadap distorsi, degradasi, dan noise, memperbaiki kualitas citra, memperkecil kesalahan kenampakan dan menyesuaikan kenampakan dengan tujuan penggunaan citra.

II.3.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan untuk mengurangi atau memperbaiki kesalahan dalam jumlah digital gambar. Koreksi radiometrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah *semi-automatic classification* plugin dengan DOS1 (*Dark Object Subtration*) di aplikasi QGIS.

II.3.2 Uji Ketelitian Geometrik

Uji ketelitian geometrik dilakukan untuk mengetahui ketidakkonsistenan antara koordinat lokasi baku data gambar, dan koordinat lokasi aktual di lapangan atau gambar dasar. Uji ketelitian Geometrik di penelitian ini menggunakan metode *image to map*. Banyaknya titik *Ground Control Point* pada koreksi ini minimal 20 titik sesuai dengan jumlah titik ketelitian horizontal dari PERKA BIG No.6 tahun 2018. Nilai CE90 dapat diperoleh dengan rumus mengacu kepada standar *United States National Map Accuracy Standards* (US NMAS).

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

RMSEr : *Root Mean Square Error* posisi x dan y

II.4 Resampling Citra

Menurut Gumelar (2015), setiap proses pengolahan citra umumnya dimulai dari proses pembesaran, pengecilan, rotasi, koreksi geometrik, rektifikasi, registrasi, translasi dan lain sebagainya. Semua proses pengolahan citra tersebut menggunakan resampling yang merupakan perubahan nilai asal piksel raster (*domain*) menjadi nilai hasil piksel raster (*kodomain*).

II.5 Total Suspended Solid (TSS)

Padatan tersuspensi yaitu massa (mg) atau dapat dikatakan sebagai konsentrasi (mg/L) dalam zat organik maupun inorganik yang diangkut oleh aliran air, sungai, danau. Padatan tersuspensi umumnya terdiri dari partikel halus yang memiliki diameter kurang dari 62 µm (Bilotta dan Brazier, 2008).

Menurut Usman pada tahun 2014 *Total Suspended Solid* (TSS) adalah semua zat terpadatkan seperti pasir, lumpur, dan tanah liat atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air berupa komponen biotik seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, atau komponen abiotik seperti detritus dan partikel-partikel anorganik.

Estimasi nilai TSS diperoleh dengan cara menghitung perbedaan antara padatan terlarut total menggunakan persamaan dari SNI 6989.3:2019 tentang cara uji padatan tersuspensi total secara gravimetri yang dapat dilihat pada persamaan 1.

$$TSS \text{ (mg/L)} = (A-B) \times 1000 / V \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)
 V = volume contoh (mL)

II.6 Penginderaan Jauh

Menurut Ardiansyah pada tahun 2015, penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk pengamatan TSS. Hal tersebut dapat dilakukan mengingat tingkat reflektan pada air mempunyai panjang gelombang yang berbeda-beda, tergantung material di dalamnya. Nilai spektral objek air yang mengandung material sedimentasi akan terlihat lebih terang daripada air yang tidak mengandung material di dalamnya yang akan memiliki nilai spektral rendah dan terlihat gelap. Menurut Susilo pada tahun 2000, penginderaan jauh untuk vegetasi mangrove didasari atas dua karakteristik utama yaitu bahwa mangrove berkembang di daerah pesisir pantai dan memiliki zat hijau daun (klorofil). Karakteristik optik mengabsorpsi spektrum sinar merah dan sangat kuat merefleksansi spektrum inframerah. Klorofil fitoplankton yang berada di laut dapat dibedakan dari klorofil vegetasi mangrove karena karakteristik air yang mengabsorpsi spektrum inframerah. Pemakaian komposit band yang akurat untuk mendeteksi adanya vegetasi mangrove seperti band inframerah dekat (*Near Infrared*) akan memberikan visualisasi kontras antara vegetasi mangrove dan non mangrove.

II.7 Pemisahan Kawasan Daratan dan Perairan

Pemisahan darat dan laut pada citra menggunakan algoritma NDWI (*Normalized Difference Water Index*). Algoritma ini memanfaatkan pantulan biru dan pantulan inframerah dekat. Algoritma ini akan menunjukkan tingkat kebasahan suatu area dengan membuat nilai area yang mengandung air menjadi positif dan negatif untuk yang tidak (McFeeters, 1996).

$$NDWI = \frac{Rrs\lambda_3 - Rrs\lambda_8}{Rrs\lambda_3 + Rrs\lambda_8} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

$Rrs\lambda_3$ = Reflectance Remote Sensing band 3

$Rrs\lambda_8$ = Reflectance Remote Sensing band 8

II.8 Algoritma Penentuan Konsentrasi TSS

Algoritma dalam penentuan konsentrasi TSS dalam penelitian ini akan menggunakan tiga algoritma deteksi *total suspended solid*, yaitu algoritma Laili (2015), salah satu algoritma yang teruji menghasilkan deteksi TSS yang baik (Bioresita dkk., 2018), algoritma indeks sedimen tersuspensi NSMI (*Normalized Suspended Material Index*) dan algoritma C2RCC (*Case 2 Regional CoastColour Processor*).

II.8.1 Algoritma Laili

Pada perhitungan nilai TSS yang pertama akan digunakan algoritma dari penelitian Nurahida Laili pada tahun 2015. Pengumpulan data TSS *in-situ* dan Landsat 8 secara bersamaan dilakukan di perairan pulau Poteran pada tanggal 22 April 2015. Wilayah perairan tersebut terletak di Kecamatan Sumenep, Tenggara Pulau Madura. Data *in-situ* diukur dan dikumpulkan di 9 stasiun. Data yang diumpulkan adalah reflektansi penginderaan jauh (Rrs) diukur dengan menggunakan spektrodiodometer HandHeld FieldSpec dalam kisaran 325-1075 nm pada interval 1

nm), dan sampel air yang dianalisis di laboratorium lebih lanjut. Penjabaran algoritma yang digunakan adalah seperti pada persamaan II.3.

$$TSS (mg/L) = 31.42 * ((\log(B2)/(\log(B4))) - 12.719) \dots\dots (4)$$

Dimana :

B2 = reflektan band 2

B4 = reflektan band 4

II.8.2 NSMI (*Normalized Suspended Material Index*)

Indeks lainnya dikembangkan oleh Fiuza Borges pada tahun 2011 yaitu NSMI. Indeks ini dilakukan di sepanjang hulu sungai Grande dan Ondas Brazil yang dikembangkan berdasarkan fakta bahwa air bersih memiliki puncak reflektansi di band biru, sedangkan konsentrasi sedimen tersuspensi meningkatkan reflektansi di semua band yang terlihat, terutama di band hijau dan merah, di mana air bersih cenderung menyerap radiasi daripada memantulkannya. Persamaan diperoleh dengan menjumlahkan respon spektral dari band merah dan hijau dan mengurangi band biru, lalu membagi hasilnya dengan jumlah band merah, hijau, dan biru, untuk menormalkan hasilnya. Indeks ini mempunyai rentang yaitu -1 sampai +1 dengan air jernih mempunyai indeks yang lebih rendah.

$$NSMI = \frac{B_{merah} + B_{hijau} - B_{biru}}{B_{merah} + B_{hijau} + B_{biru}} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

NSMI = *Normalized Suspended Material Index*

Bmerah = reflektan band merah

Bhijau = reflektan band hijau

Bbiru = reflektan band biru

II.8.3 C2RCC (*Case 2 Regional CoastColour Processor*)

Case 2 Regional CoastColour Processor pada aplikasi SNAP yang dibuat oleh Doerffer dan Schiller memakai database simulasi transfer radiatif yang besar dari radiansi pancaran-air (sinyal air) dan radiansi *top of atmosphere* (sinyal satelit) pada citra. Inversi dari sinyal satelit serta sinyal air digunakan dengan neural network sebagai teknologi dasar (Brockman dkk., 2016). Processor C2RCC sangat bergantung pada database dari simulasi reflektan pancaran air dan radian dari ToA yang terikat. Neural Networks diuji dengan tujuan untuk melakukan inversi dari spektrum untuk koreksi atmosfer, yaitu penentuan dari radian pancaran-air dari radian ToA, serta pengambilan optik yang merekam sifat-sifat badan air. Data *in-situ* diambil dari Laut Utara Eropa, dimana wilayah tersebut dikelilingi oleh empat negara yaitu Britania Raya, Denmark, Belanda dan Norwegia sehingga menyerupai sebuah Teluk.

$$Tsm = btot_a_nn1 * 1.73 \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

Tsm = *Total suspended matter*

btot_a_nn1 = hamburan oleh partikel pada 443 nm (*band 8*)

II.9 Algoritma Kerapatan Mangrove

Algoritma dalam penentuan kerapatan mangrove dalam penelitian ini akan menggunakan dua algoritma, yaitu algoritma mRE-SR dan NDVI.

II.9.1 Algoritma mRE-SR

Algoritma yang digunakan dalam identifikasi kerapatan vegetasi mangrove adalah mRE-SR (*Modified Red Edge-Simple Ratio*). Algoritma mRE-SR adalah algoritma yang memanfaatkan panjang gelombang *red-edge* dan NIR pada citra Sentinel-2A yang sangat berguna dalam identifikasi vegetasi. Fernández-Manso pada tahun 2016, yang mencetuskan algoritma ini menggunakannya untuk mendeteksi tingkat kebakaran hutan di Caceres Spanyol, dengan membagi band NIR dengan *Red Edge* dan dikurangkan dengan satu, kemudian dibagi dengan rumus yang sama untuk menormalkannya.

$$mRE-SR = \frac{\left(\frac{NIR}{Red\ Edge}\right) - 1}{\sqrt{\left(\frac{NIR}{Red\ Edge}\right) + 1}} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

- mRE-SR = *Modified Red Edge-Simple Ratio*
- NIR = reflektan band 8
- Red Edge = reflektan band 5

II.9.2 Algoritma NDVI

Algoritma NDVI adalah algoritma yang memanfaatkan panjang gelombang *Red* dan NIR pada citra Sentinel-2A. Transformasi NDVI ini merupakan salah satu produk standar NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), satelit cuaca yang berorbit polar namun memberi perhatian khusus pada fenomena global vegetasi (Aji dan Prasetyo, 2017).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

- NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*
- NIR = reflektan band 8
- RED = reflektan band 4

II.10 Klasifikasi Terbimbing

Klasifikasi terbimbing didasarkan pada gagasan bahwa pengguna dapat memilih piksel sampel dalam suatu gambar yang mewakili kelas-kelas tertentu dan kemudian mengarahkan perangkat lunak pengolah gambar untuk menggunakan situs pelatihan ini sebagai referensi untuk klasifikasi semua piksel lain dalam gambar (Samaniego, Luis 2008).

Komposit band RGB 8a;11;4 di citra Sentinel 2 komposit digunakan untuk menunjukkan perbedaan yang jelas antara hutan mangrove dan benda di sekitarnya. Sistem klasifikasi maximum likelihood digunakan dalam identifikasi mangrove karena klasifikasi ini sudah sering digunakan dan dianggap paling baik dalam klasifikasi tutupan lahan (Purwanto dan Asriningrum, 2019).

II.11 Uji Statistik

II.11.1 Teknik Sampling

Metode penentuan sampel yang digunakan adalah *stratified random* dan *proporsional sampling*. Metode ini merupakan suatu teknik sampling dimana populasi dipisahkan ke dalam kelompok-kelompok yang tidak tumpang tindih (*overlapping*) yang disebut sebagai sub populasi (*strata*), kemudian dari setiap strata tersebut diambil sampel secara acak (*random sampling*) sesuai tujuan penelitian. Jumlah sampel

yang harus diambil proporsional terhadap luasan mangrove yang ada (BIG, 2014).

II.11.2 Penentuan Jumlah Sampel

Jumlah sampel kerapatan mangrove didasarkan pada Peraturan BIG No. 3 Tahun 2014.

$$A = TSM + \left(\frac{Luas\ (ha)}{1.500}\right) \dots\dots\dots (9)$$

- Dimana A : Jumlah sampel minimal
- TSM : Total Sampel Minimal

Rumus Slovin digunakan dalam mengukur jumlah sampel TSS yang ditunjukkan pada persamaan 10.

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)} \dots\dots\dots (10)$$

- Dimana n : Jumlah sampel
- N : Jumlah populasi
- e² : Batas toleransi error

II.11.3 Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui suatu sampel berasal dari satu populasi atau tidak dan data berdistribusi normal atau tidak. Metode yang digunakan untuk menguji normalitas data adalah Uji Shapiro Wilk. Uji Shapiro Wilk digunakan untuk menguji distribusi sampel yang jumlahnya kurang dari 50 dan teramati sesuai dengan distribusi teoritis tertentu atau tidak (Massey, 1951).

II.11.4 Analisis Regresi Linier

Analisis regresi mempelajari bentuk hubungan atau pengaruh antara satu atau lebih peubah/variabel bebas (X) dengan satu peubah tak bebas/terikat (Y). Dalam penelitian peubah bebas (X) biasanya peubah yang ditentukan oleh peneliti secara bebas (Mairing J. P., 2017).

$$y = a + bx \dots\dots\dots (11)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} a + bX \dots\dots\dots (12)$$

$$a = \frac{\sum y - b(\sum x)}{n} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

- x = Nilai nilai algoritma mRE-SR dan algoritma TSS
- y = nilai kerapatan tajuk mangrove dan TSS in situ
- a = konstanta
- b = koefisien regresi
- n = jumlah data.

II.11.5 Analisis Korelasi Pearson

Analisis korelasi adalah metode statistik yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan hubungan antara dua variabel kuantitatif (Mairing J. P., 2017).

$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n})(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n})}} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana :

- x = Variabel bebas (nilai algoritma mRE-SR dan algoritma TSS)
- y = Variabel terikat (nilai kerapatan tajuk mangrove dan TSS in situ)
- r = korelasi pearson
- n = Jumlah data.

II.11.6 Uji Koefisien Determinasi

Besarnya kemampuan model untuk menjelaskan variasi variabel dependen diketahui

dengan menggunakan koefisien determinasi (R^2) (Mairing J. P., 2017).

$$R^2 = \frac{((n)(\sum xy) - (\sum x)(\sum y))^2}{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)} \dots\dots\dots (15)$$

Dimana :

R^2 = Koefisien determinasi

x = Variabel bebas (nilai algoritma mRE-SR dan algoritma TSS);

y = Variabel terikat (nilai kerapatan tajuk mangrove dan TSS in situ)

n = Jumlah data

II.11.7 Uji Validasi Model

Uji validasi model digunakan untuk mengukur ketepatan fungsi dari sebuah regresi dalam menaksir nilai aktual. Uji ini dapat dilakukan dengan menghitung nilai RMSE (Mairing J. P., 2017).

$$RMSE = \frac{\sqrt{(\sum -O)^2}}{n} \dots\dots\dots (16)$$

Dimana

E = Nilai dugaan

O = Nilai aktual

n = Jumlah data

III. Metodologi Penelitian

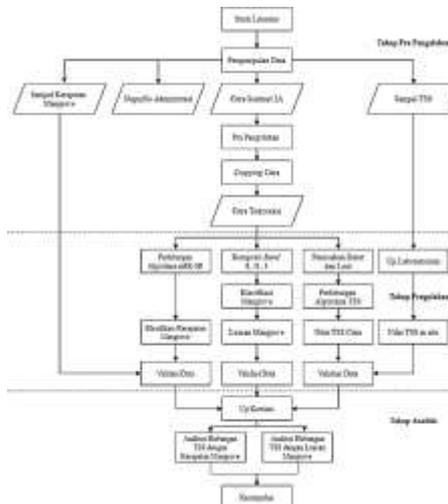
III.1 Alat dan Bahan Penelitian

Berikut ini adalah alat-alat penelitian yang digunakan pada tugas akhir.

1. Laptop Acer Aspire 4750 yang digunakan untuk mengolah data citra
2. Kamera Nikon D5500 dan Lensa *Fish Eye* Canon EF 8-15mm f/4L USM digunakan dalam pengambilan sampel kerapatan tajuk mangrove
3. Aplikasi Mobile Topografer untuk mendapatkan koordinat pengambilan sampel
4. *Water Sampel* untuk pengambilan sampel air
5. Perangkat lunak SNAP untuk pengolahan data kerapatan dan data tss pada citra sentinel
6. Perangkat lunak ENVI 5.3 untuk pengolahan koreksi geometrik pada data citra sentinel
7. Perangkat lunak ArcGIS 10.3 untuk pembuatan layout peta
8. Perangkat lunak QGIS untuk koreksi radiometric menggunakan *plugin* DOS1
9. Perangkat lunak ImageJ untuk mengubah nilai piksel foto hasil pengambilan data in situ kerapatan mangrove

III.2 Tahapan Penelitian

Secara garis besar, alur pelaksanaan penelitian ini digambarkan ke dalam diagram alir pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Diagram Alir

III.2.1 Tahap Pra Pengolahan

Tahap pra pengolahan terdiri dari :

1. Pengumpulan data lapangan dan data citra. Data citra adalah citra Sentinel-2A yang didapat pada situs Esa Copernicus dan disesuaikan dengan waktu pengambilan data lapangan.
2. Koreksi Radiometrik menggunakan aplikasi QGIS yang sudah ter-install *plugin Semi-Automatic Classification*.
3. *Resampling* citra untuk nilai baru dengan pendekatan *nearest* dan memilih salah satu *band* sebagai referensi pengolahan.
4. Uji akurasi geometrik untuk pemeriksaan geometri citra.

III.2.2 Tahap Pengolahan

1. Pengolahan TSS citra menggunakan algoritma Laili, NSMI dan C2RCC pada tahun 2016, 2018 dan 2020.
2. Pengolahan kerapatan tajuk mangrove in situ pada perangkat lunak ImageJ hasil pengambilan foto dengan lensa *fish eye*.
3. Pengolahan kerapatan mangrove menggunakan algoritma mRE-SR.
4. Pengolahan klasifikasi terbimbing untuk mendapatkan luasan mangrove tahun 2016, 2018 dan 2020.
5. Tahap validasi terdiri dari validasi nilai TSS, kerapatan mangrove dan luasan mangrove.

III.2.3 Tahap Analisis

Analisis data terhadap hasil pengolahan TSS, kerapatan dan luasan mangrove. Pada pelaksanaannya dilakukan uji normalitas, regresi linier sederhana, uji koefisien determinasi, uji validasi model, dan uji korelasi. Hasil akhirnya adalah didapatkan korelasi antara TSS dengan kerapatan mangrove dan TSS dengan luasan mangrove.

IV. Hasil dan Analisis

IV.1 Pra Pengolahan Citra

IV.1.1 Pemilihan Data Citra

Pemilihan data citra yang digunakan disesuaikan dengan pengambilan data lapangan dan kondisi tutupan awan, jika citra lokasi penelitian tertutup awan lebih dari 20 %, maka tidak digunakan dan akan diganti pada tanggal perekaman terdekat. Citra yang digunakan adalah citra sentinel 2A pada tanggal 6 Agustus 2016, 17 Juni 2018, 16 Juni 2020 dan 26 Juni 2020.

IV.1.2 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik pada penelitian ini bertujuan untuk mengoreksi dan memperbaiki nilai piksel citra yang sebelumnya masih terpengaruhi kesalahan-kesalahan yang disebabkan oleh atmosfer dan masih dalam bentuk *Digital Number (DN)* menjadi citra yang sudah terbebas dari kesalahan-kesalahan atmosfer dan sudah dalam bentuk *radiance/reflectance*. Koreksi radiometrik penelitian ini dilakukan menggunakan aplikasi QGIS 3.4.2 dengan menggunakan *Semi Automatic Plugin*. Hasil citra sebelum dan sesudah koreksi radiometrik dilihat secara visual terjadi perubahan kecerahan sebelum dan sesudah dari gelap menjadi lebih terang yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Citra sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) koreksi radiometrik

IV.1.3 Uji Ketelitian Geometrik

Penelitian ini dilakukan uji akurasi geometri dengan titik ICP yang mengacu pada peta RBI skala 1:25.000 wilayah Kabupaten Badung dan Kota Denpasar. Luas kajian area penelitian adalah 418,62 km². Berdasarkan Modul Validasi Peta Rencana Tata Ruang BIG tahun 2016, jumlah ICP adalah 20 buah dengan luasan area 250-500 km. Hasil RMSEr setelah dikalkulasikan menjadi CE90 dan didapat hasil seperti terlihat pada **Tabel 1**, dengan mengacu pada tabel syarat ketelitian pada PERKA BIG No.6 tahun 2014, ketiga citra tersebut dapat digunakan maksimal pada peta skala 1: 5.000.

Tabel 1 Nilai CE90 masing-masing citra

No	Tanggal	RMSEr	CE90 (m)
1	6 Agustus 2016	0,078	0,1184
2	17 Juni 2018	0,069	0,1052
3	26 Juni 2020	0,072	0,1088

IV.1.4 Resampling Citra

Proses *resampling* dilakukan pada perangkat lunak SNAP dengan menggunakan *band 2* (biru) pada citra Sentinel 2A sebagai acuan. *Band 2* memiliki resolusi spasial 10 m, sehingga pada akhir proses *resampling* semua *band* akan berubah menjadi beresolusi spasial 10 m.



Gambar 3 *Band 5* sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) proses *resampling*

IV.2 Pengolahan Data TSS

IV.2.1 Pengolahan data TSS

Hasil dari pengolahan TSS algoritma Laili, NSMI dan C2RCC memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Hasil dari algoritma Laili memiliki nilai terendah 17,9 mg/L dan tertinggi 22,9 mg/L dengan rata-rata 19,6 mg/L. Jika dibandingkan dengan hasil dari TSS in situ, algoritma Laili memiliki selisih nilai rata-rata -18,9 mg/L. Padahal jika ditinjau dari lokasi penelitian, penelitian dari Laili (2015) berada pada muara sampai ke pesisir pantai di pulau Poteran, tidak jauh berbeda dengan lokasi penelitian di Teluk Benoa. Walaupun Laili (2015) menggunakan citra Landsat dengan resolusi lebih rendah dibandingkan Sentinel. Hasil dari algoritma NSMI memiliki nilai terendah yaitu 0,31 mg/L dan nilai tertinggi 0,47 mg/L dengan rata-rata 0,367 mg/L. Jika dibandingkan dengan hasil dari TSS in situ, algoritma NSMI memiliki rata-rata selisih sebesar 0,31 mg/L. Algoritma NSMI adalah algoritma yang dirumuskan oleh Fiuza Borges dkk., (2011) yang meneliti kandungan TSS di sepanjang aliran sampai muara sungai Grande dan Ondas Brazil dengan menggunakan citra Landsat. Hasil dari algoritma C2RCC memiliki nilai terendah yaitu 0,00077 mg/L dan tertinggi 6,11 mg/L dengan rata-rata 2,74 mg/L. Jika dibandingkan dengan hasil dari TSS in situ, algoritma C2RCC memiliki rata-rata selisih sebesar -2,07 mg/L. Berbeda dengan algoritma Laili dan NSMI, algoritma C2RCC adalah pengaturan khusus di perangkat lunak SNAP yang memang dibuat untuk mengetahui nilai sedimen pada citra Sentinel. Hasil pengolahan algoritma TSS citra sentinel-2A ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Hasil algoritma TSS

No	Kode Sampel	Algoritma TSS (mg/L)			TSS in situ
		Laili	NSMI	C2RCC	
1	1	20,51981	0,39991	4,66782	0,86000
2	2	19,84622	0,36141	0,05985	0,31000
3	3	18,96890	0,33639	3,10451	0,71000
4	4	19,14120	0,36621	3,34183	0,77000
5	5	20,32973	0,39094	4,69835	0,80000
6	6	20,89775	0,41504	5,49982	0,69000
7	7	19,49061	0,35484	5,38807	0,90000
8	8	20,17538	0,38444	4,65639	0,86000
9	9	19,80958	0,37433	5,89055	0,96000
10	10	19,08071	0,35988	3,62251	0,82000
11	11	18,75923	0,34777	1,98975	0,72000
12	12	18,84594	0,34815	2,62978	0,77000
13	13	19,69572	0,37640	5,16352	1,19000
14	14	19,20829	0,35484	4,44059	0,81000

No	Kode Sampel	Algoritma TSS (mg/L)			
		Laili	NSMI	C2RCC	TSS in situ
15	15	18,21663	0,31714	1,51021	0,81000
16	16	18,26887	0,32132	2,06771	0,96000
17	17	19,56093	0,37129	6,11941	0,97000
18	18	20,39146	0,40428	5,71392	0,90000
19	19	17,99527	0,30804	1,76873	0,80000
20	20	19,92711	0,39514	5,82937	0,88000
21	21	18,82894	0,32263	1,88838	0,64000
22	22	19,45341	0,33861	1,09364	0,62000
23	23	18,87410	0,33800	1,85061	0,78000
24	24	18,40192	0,33654	0,21346	0,68000
25	25	19,17262	0,32363	0,71792	0,68000
26	31	22,92319	0,47318	0,02296	0,08000
27	32	20,46461	0,39267	0,09294	0,21000
28	33	20,71106	0,38727	0,00077	0,17000
29	34	20,44360	0,36947	0,00828	0,32000
30	35	20,77951	0,40894	0,00786	0,12000
31	36	20,49320	0,39358	0,89144	0,28000

IV.2.2 Pemilihan model terbaik

Pemilihan model terbaik citra TSS dilakukan dengan cara menghitung regresi linier, nilai korelasi, determinasi dan RMSE dengan data TSS in situ.

Tabel 3 Hasil analisis data TSS

HUBUNGAN TSS IN SITU DAN ALGORITMA CITRA				
Algoritma	Regresi Linier	r	R ²	RMSE
Laili	Y= 1,693-0,048X	-0,1873	0,0351	0,7236
NSMI	Y= 0,661+0,272X	0,0392	0,0015	0,0138
C2RCC	Y= 0,533+0,072X	0,7169	0,5139	0,0953

Dari ketiga model linier algoritma TSS tersebut, algoritma C2RCC memiliki korelasi paling kuat dan koefisien determinasi paling besar, sehingga algoritma C2RCC dipilih menjadi algoritma terbaik dalam menjelaskan kandungan TSS pada penelitian ini.

IV.3 Pengolahan Kerapatan Mangrove

IV.3.1 Hasil pengolahan kerapatan mangrove in situ

Hasil dari pengambilan sampel kerapatan didapat sebanyak 155 foto yang dibagi menjadi 31 plot dan diolah untuk dicari persentase kerapatannya. Persentase terbesar adalah 90,16% dan persentase terkecil adalah 25,10% serta rata-rata persentase seluruh kerapatan sebesar 71,92%.

IV.3.2 Pemilihan model linier terbaik kerapatan tajuk mangrove

Hasil model regresi linier yang dihasilkan dari kerapatan in situ dengan algoritma mRE-SR adalah $Y = 0,9972X - 6,0558$. Korelasi di antara dua variabel tersebut adalah 0,9236. Hasil korelasi tersebut menunjukkan nilai positif dengan korelasi sangat kuat (berada pada rentang 0,80-0,1). Hasil model regresi linier yang dihasilkan dari kerapatan in situ dengan algoritma mRE-SR setelah pengurangan data adalah $Y = 0,9087X + 1,1555$. Korelasi di antara dua variabel tersebut adalah $R^2 = 0,7114$. Hasil korelasi tersebut menunjukkan nilai positif dengan korelasi kuat (berada pada rentang 0,60-0,799).

Tabel 4 Analisis data kerapatan mangrove

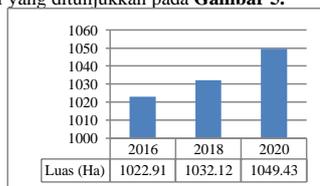
HUBUNGAN KERAPATAN IN SITU DAN ALGORITMA CITRA				
Algoritma	Regresi Linier	r	R square	RMSE
mRE-SR	Y= 0,9972X-6,0558	0,9236	0,8530	0,2089
NDVI	Y= 0,9972X-6,0558	0,8434	0,7114	0,2677

Hasil uji koefisien determinasi (R^2) pada algoritma mRE-SR adalah 0,8530 yang berarti sebesar 85,30% variasi nilai kerapatan di lapangan dapat dijelaskan oleh nilai piksel dari algoritma mRE-SR. Hasil dari koefisien determinasi ini hampir sama dengan penelitian sebelumnya yang ditulis oleh I Gede Merta Yoga Pratama pada tahun 2019 yang memperoleh hasil 86,07% dengan menggunakan algoritma yang sama. Hasil uji RMSE menunjukkan penyimpangan nilai kerapatan hasil dari model regresi mRE-SR yang dibangun adalah sebesar 0,2089. Nilai tersebut menunjukkan penyimpangan hasil model terhadap nilai TSS in situ adalah $\pm 0,2089$. Hasil uji koefisien determinasi (R^2) pada algoritma NDVI adalah 0,7114 yang berarti sebesar 71,14% variasi nilai kerapatan di lapangan dapat dijelaskan oleh nilai piksel dari algoritma NDVI. Hasil uji RMSE menunjukkan penyimpangan nilai kerapatan hasil dari model regresi NDVI yang dibangun adalah sebesar 0,2677. Nilai tersebut menunjukkan penyimpangan hasil model terhadap nilai TSS in situ adalah $\pm 0,2677$.

Hasil dari analisis algoritma mRE-SR dan algoritma NDVI menunjukkan bahwa algoritma mRE-SR lebih dominan dalam menjelaskan variasi nilai kerapatan in situ sehingga algoritma mRE-SR digunakan dalam menjelaskan kerapatan mangrove di Tahura Ngurah Rai.

IV.4 Pengolahan Luasan Mangrove

Hasil pengolahan data luasan mangrove didapat dari proses klasifikasi terbimbing dengan memanfaatkan komposit band RGB 8, 11, 4 yang dilakukan pada citra tahun 2016, 2018 dan 2020 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik perubahan luas mangrove secara temporal. Hasil perhitungan luas mangrove tiap tahun didapat bahwa :

1. Perubahan luas hutan mangrove pada tahun 2016 sampai dengan 2018, yaitu: pengurangan hutan mangrove (abrasi) sebesar 35,52 ha, penambahan hutan mangrove (akresi) 44,73 ha dan daerah yang tetap atau bertampalan sebesar 987,39 ha.
2. Perubahan luas hutan mangrove pada tahun 2018 sampai dengan 2020, yaitu: pengurangan hutan mangrove (abrasi) sebesar 35,40 ha, penambahan hutan mangrove (akresi) 52,70 ha dan daerah yang tetap atau bertampalan sebesar 996,73 ha.

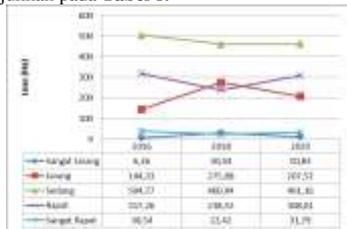
3. Perubahan luas total mangrove dari 2016 sampai dengan 2018 mengalami penambahan sebesar 9,21 ha dan perubahan luas total mangrove dari 2018 sampai 2020 mengalami penambahan sebesar 17,31 ha.

Hasil wawancara dan data yang diperoleh dari kepala UPDT. Tahura Ngura Rai Bapak I Ketut Subandi, didapat informasi bahwa luas kawasan mangrove di Teluk Benoa pada tahun 2020 adalah 1156,84 ha. Data tersebut memiliki selisih luas sebesar 107 ha dengan hasil pengolahan mangrove tahun 2020 menggunakan citra Sentinel. Perbedaan ini terjadi karena data yang digunakan oleh UPTD. Tahura Ngurah Rai dalam menghitung luas mangrove masih menggunakan citra dengan resolusi spasial lebih rendah dibandingkan Sentinel. Citra yang digunakan tersebut adalah citra landsat 8 tahun 2020.

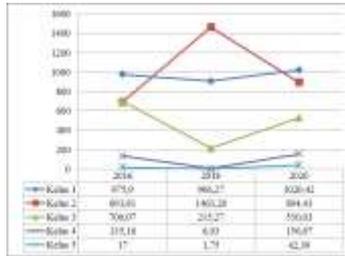
IV.5 Hubungan Antara Kerapatan Mangrove dengan TSS

Jika dilihat dari luas secara keseluruhannya, perubahan luas dari kerapatan mangrove dan TSS yang meningkat saling berkorelasi atau berhubungan. Namun, jika dilihat dari perubahan luas setiap kelasnya, terdapat beberapa kelas yang tidak saling berhubungan karena terdapat perbedaan bentuk atau pola garis perubahan secara temporal dari grafik pada Gambar 6 dan Gambar 7 pada setiap kelasnya.

Menurut Permatasari pada tahun 2018 idealnya semakin tinggi kepadatan mangrove, semakin rendah transpor sedimen yang terjadi di wilayah tersebut dan sebaliknya ketika mangrove memiliki kepadatan yang rendah akan membuat transpor sedimen di wilayah tersebut tinggi. Namun perlu diingat bahwa algoritma sedimentasi dan korelasi yang digunakan pada penelitian tersebut berbeda dengan yang digunakan pada penelitian ini sehingga terdapat kemungkinan perbedaan hasil yang didapat. Untuk itu perlu dilakukan pengujian seberapa besar hubungan antar kelas tersebut, dilakukan uji korelasi yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 8.



Gambar 6 Grafik nilai kerapatan mangrove secara temporal



Gambar 7 Grafik nilai TSS secara temporal

Tabel 5 Korelasi TSS dan kerapatan mangrove antar kelas

Kelas TSS	Kelas Kerapatan	Korelasi	Sig
Kelas 1	Sangat Jarang	-0,712	0,496
Kelas 2	Jarang	0,998	0,037
Kelas 3	Sedang	0,969	0,158
Kelas 4	Rapat	0,951	0,199
Kelas 5	Sangat Rapat	0,933	0,235

Hasil dari korelasi antar kelas TSS dan kerapatan dilakukan uji hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1). Berikut ini adalah hipotesis yang dibuat.

H_0 : Tidak adanya korelasi antara TSS dan kerapatan mangrove

H_1 : Adanya korelasi antara TSS dan kerapatan mangrove dengan tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95%, maka nilai $\alpha = 0,05$.

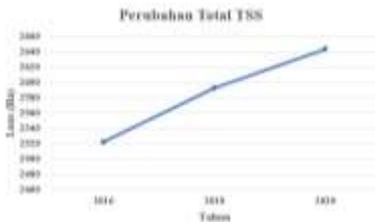
Dasar pengambilan keputusan dalam uji korelasi pearson ada dua cara, yaitu dengan r hitung dan signifikansi.

1. H_0 diterima dan H_1 ditolak, apabila nilai r hitung < r tabel dan nilai Sig. > 0,05
2. H_0 ditolak dan H_1 diterima, apabila nilai r hitung > r tabel dan nilai Sig < 0,05

Hasil r tabel adalah 0,997, sehingga didapat bahwa hanya kelas kedua TSS dan kelas kerapatan jarang saja yang memiliki korelasi. Hal ini dibuktikan dengan nilai korelasi yang diperoleh yaitu 0,998 lebih besar dari 0,997 dan nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,05. Sedangkan untuk kelas yang lain belum dapat dikatakan berkorelasi sepenuhnya karena beberapa diantaranya terdapat nilai negatif (-) dan nilai signifikansinya yang lebih besar dari 0,05.

IV.6 Hubungan TSS dengan Luasan Mangrove

Jika dilihat secara visual kualitatif, dapat dikatakan terdapat hubungan korelasi antara TSS dengan luas mangrove hasil klasifikasi terbimbing dilihat dari kesamaan pola perubahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9. Namun perlu dilakukan uji korelasi secara kuantitatif untuk memastikannya.



Gambar 8 Grafik perubahan luas TSS



Gambar 9 Grafik perubahan luas mangrove klasifikasi terbingbing

Hasil dari korelasi TSS dan luas mangrove dilakukan uji hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1). Berikut ini adalah hipotesis yang dibuat.

H_0 : Tidak adanya korelasi antara TSS dan luas mangrove

H_1 : Adanya korelasi antara TSS dan luas mangrove dengan tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95%, maka nilai $\alpha = 0,05$.

Dasar pengambilan keputusan dalam uji korelasi pearson ada dua cara, yaitu dengan r hitung dan signifikansi.

1. H_0 diterima dan H_1 ditolak, apabila nilai r hitung $< r$ tabel dan nilai Sig. $> 0,05$
2. H_0 ditolak dan H_1 diterima, apabila nilai r hitung $> r$ tabel dan nilai Sig. $< 0,05$

Didapat nilai r tabel 0,997 dan r hitung 0,967 serta nilai Sig. 0,165, sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak. Itu berarti tidak adanya korelasi antara TSS dan luas mangrove

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Pola perubahan TSS di kawasan Tahura Ngurah Rai Teluk Benoa dari tahun 2016, 2018 dan 2020 cenderung meningkat, namun memiliki nilai yang relatif kecil.
2. Hasil dari pengelompokan TSS dan kerapatan mangrove didapat korelasi antara kelas kedua TSS dengan kelas kerapatan jarang mangrove karena nilai korelasi yang diperoleh yaitu t hitung 0,998 lebih besar dari t tabel 0,997 dan nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,05. Sedangkan untuk kelas yang lain belum dapat dikatakan berkorelasi sepenuhnya karena beberapa diantaranya terdapat nilai negatif (-) dan gg nilai signifikansinya yang lebih besar dari 0,05.

3. Hasil uji korelasi antara TSS dan luas mangrove didapat nilai r hitung 0,967 $< r$ tabel 0,997 dan nilai Sig. 0,165 $> 0,05$ sehingga antara TSS dan luas mangrove tidak saling berkorelasi.

V.2 Saran

1. Memperbanyak jumlah sampel agar mendapat data yang lebih beragam. Hal ini sangat diperlukan karena jika data hasil lapangan ternyata tidak terdistribusi normal karena terdapat salah satu sampel yang memiliki nilai ekstrim maka terdapat data cadangan yang bisa digunakan sebagai pengganti.
2. Menggunakan rumus empiris atau algoritma lain yang cocok dengan kondisi geografis di lapangan sebagai pembandingan data TSS in situ.
3. Menggunakan citra dengan rentang waktu yang lebih lama (*time series*) agar lebih terlihat perbedaan kondisi vegetasi mangrove di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah., 2015. Pengolahan Citra Penginderaan Jauh Menggunakan ENVI 5.1 dan ENVI LIDAR. Jakarta Selatan: PT. LABSIG INDERAJA ISLIM
- Badan Informasi Geospasial (BIG)., 2014. Peraturan No. 6 Tahun 2018 Tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Unda Anyar (BPDAS Unda Anyar). 2008. Jenis Mangrove Teluk Benoa. Denpasar Bali
- Bilotta, G. S., dan Brazier, R. E., 2008. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. Water research, 42(12), 2849-2861
- Brockmann, C., Doerffer, R., Peters, M., Stelzer, K., Embacher, S., dan Ruescas, A., 2016. Evolution Of The C2rcc Neural Network For Sentinel 2 And 3 For The Retrieval Of Ocean Colour Products In Normal And Extreme Optically Complex Waters. Geesthacht, Germany
- Dwi Purwanto, Anang., dan Asriningrum Wikant., 2019. Identification Of Mangrove Forests Using Multispectral Satellite Imageries. International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences Vol. 16 No. 1 June 2019: 63-86
- Fiuza, B., Elane Souza, A.C., dan Pablo, S.S., 2011. Detection of Suspended Sediments in Grande River and Ondas River Bahia/Brazil. Federal University of Bahia, Institute of Environmental Sciences and Sustainable Development. Brazil
- Fernández-Manso, A., Fernández-Manso, O., dan Quintano, C., 2016. Sentinel-2A red-edge spectral indices suitability for discriminating burn severity. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 50: 170-175
- Gumelar, Ogi., 2015. Teknik Resampling Citra. Pusat Teknologi dan data Penginderaan Jauh. LAPAN

- Hendrawan, G., Nuarsa, I. W., Sandi, W., Koropitan, A.F., dan Sugimori, Y., 2005. Numerical Calculation for the Residual Tidal Current in Teluk Benoa-Bali Island. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 2, 86-93
- Laili, N., Arafah, F., Jaelani, L.M., Subehi, L., Pamungkas, A., Koenhardono, E.S., dan Sulisetyono, A., 2015. Development Of Water Quality Parameter Retrieval Algorithms For Estimating Total Suspended Solids And Chlorophyll-A Concentration Using Landsat-8 Imagery At Poteran Island Water. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume II-2/W2
- Luis Samaniego, Andr as B ardossy, dan Karsten Schulz., 2008. Supervised Classification of Remotely Sensed Imagery using a Modified k-NN Technique. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*
- Mairing, J. P., 2017. *Statistika Pendidikan, Konsep dan Penerapannya Menggunakan Minitab dan Microsoft Excel+ cd*. Yogyakarta, Indonesia: Penerbit Andi
- Marganof, D. L., Riani, E., dan Pramudya, B., 2007. Analisis beban pencemaran, kapasitas asimilasi dan tingkat pencemaran dalam upaya pengendalian pencemaran perairan Danau Maninjau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 12(1), 8-14
- Massey, F. J., Jr., 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 46, 68–78. <https://doi.org/10.2307/2280095>
- McFeeters, S. K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Merta Yoga Pratama, I Gede., Astawa Karang, I Wayan Gede., Suteja, dan Yulianto., 2019. Distribusi Spasial Kerapatan *Mangrove* Menggunakan Citra Sentinel-2A Di TAHURA Ngurah Rai Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. Universitas Udayana
- Noor, Y.R., M. dan Khazali, I N.N. Suryadiputra., 1999. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PKA/WI-IP. Bogor
- Ohrel, R. L., dan Register, K. M., (2006). *Volunteer estuary monitoring: a methods manual*. (2nd Ed.). Washington DC, USA: The Ocean Conservancy and U.S. Environmental Protection Agency
- Permatasari, I., Dewiyanti I., Purnawan, S., M Yuni, S., Irham, M., Setiawan, I. 2018. The correlation between mangrove density and suspended sediment transport in Lamreh Estuary, Masjid Raya Subdistrict, Aceh Besar, Indonesia. *IOP Publishing*. doi :10.1088/1755-1315/216/1/012004
- Putri Utami, Fatimah., Prasetyo, Yudo., dan Sukmono, Abdi., 2016. Analisis Spasial Perubahan Luasan *Mangrove* Akibat Pengaruh Limpasan Sedimentasi Tersuspensi Dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus : Segara Anakan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro*
- Qanita, Humaira., Subiyanto, Sawitri., dan Hani'ah., 2019. Analisis Distribusi Total Suspended Solid Dan Kandungan Klorofil-A Perairan Banjir Kanal Barat Semarang Menggunakan Citra Landsat 8 Dan Sentinel-2A. *Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro*
- Sudiarta, K., Hendrawan, G., Putra, K. S., dan Dewantama, I. M. D., 2013. Kajian modeling dampak perubahan fungsi Teluk Benoa untuk system pendukung keputusan (*Decision Support System*) dalam jejaring KKP Bali. Denpasar, Indonesia: Conservation International Indonesia (CII) Bali
- Susilo, S.B. 2000., *Penginderaan Jauh Terapan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- UPT Taman Hutan Raya Ngurah Rai. 2010. *Buklet Taman Hutan Raya Ngurah Rai*
- Yulia Iswari, Marindah., 2016. Perbandingan Indeks Sedimen Tersuspensi untuk Identifikasi Total Suspended Solids (TSS) di Muara Sungai Opak Yogyakarta. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*. Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia