

DINAMIKA TOTAL SUSPENDED SOLID DAN LAND COVER DI PERAIRAN PELABUHAN BIMA, TELUK BIMA, NUSA TENGGARA BARAT

(*The Dynamics of Total Suspended Solid and Land Cover in the Port of Bima, Bima Bay,
West Nusa Tenggara*)

**Naufal Miftahul Ghalib, Nurjannah Nurdin, Syafyuddin Yusuf, Muhamad Farid Samawi, Muhamad
Banda Selamat**

Departemen Ilmu Kelautan, FIKP UNHAS
Jl. Perintis Kemerdekaan km. 10, Tamalanrea Indah, Makassar 90245
E-mail: naufalmiftahulghalib@gmail.com

Diterima: 14 Juni 2022; Direvisi: 14 Oktober 2022; Disetujui untuk Dipublikasikan: 21 Oktober 2022

ABSTRAK

Kawasan Teluk Bima merupakan salah satu lokasi perairan strategis yang berada di Kabupaten Bima dan Kota Bima. Teluk ini memiliki manfaat multifungsi sesuai dengan peruntukan penduduk sekitar teluk yang didominasi Suku Bima. Di wilayah pesisirnya terutama dimanfaatkan untuk pelabuhan, tambak, lokasi wisata dan permukiman pantai. Teluk Bima termasuk kawasan laut semi tertutup mirip seperti bentuk kantong, dimana terdiri dari mulut teluk yang sempit kemudian badan air teluk yang melebar di bagian dalam. Teluk ini merupakan tempat bermuaranya daerah aliran sungai (DAS) dan sub-DAS yang mengalirkan air dari semua pegunungan yang melingkupinya, diantaranya Sub-DAS Malaju dan Padolo. Adanya aktivitas pada Sub-DAS Malaju dan Padolo mengakibatkan terjadinya peningkatan sedimentasi di kolam pelabuhan. Penelitian dimaksudkan untuk melihat peningkatan *total suspended solid* (TSS) dan perubahan lahan pada DAS serta melihat korelasi antara perubahan tutupan lahan dengan meningkatnya persebaran sedimen tersuspensi tersebut. Penelitian ini menggunakan algoritma Parwati et al. (2006) untuk melihat sebaran TSS di Teluk Bima serta melakukan pengujian sampel untuk menghitung TSS di lapangan. Selanjutnya melakukan analisis korelasi dengan melihat hubungan perubahan TSS dengan perubahan tutupan lahan yang ada. Hasil penelitian ini menunjukkan terjadinya peningkatan TSS pada kawasan Teluk Bima. Tahun 1990, sebaran TSS >80 mg/l sebesar 0,45 ha dan pada tahun 2020 meningkat menjadi 35,89 ha. Pertanian lahan kering dan permukiman mengalami peningkatan masing-masing sebesar 9% dan 4%, sedangkan belukar berkurang 13%. Jenis tutupan lahan tertentu menjadi penyebab meningkatnya luas sebaran TSS, seperti pertanian lahan kering dengan nilai korelasi positif sebesar 1 dan permukiman dengan nilai korelasi positif sebesar 1.

Kata kunci: korelasi, TSS, tutupan lahan,

ABSTRACT

Bima Bay is a strategic port locations owned by Bima City. This bay is multifunctional according to the needs of Bima people. There are areas that are used as ports, ponds, tourist sites and coastal settlements. Bima Bay is a semi-enclosed sea area that is shaped like a bag consisting of a narrow bay mouth then a large body of water in the inside. This semi-enclosed bay functioned as a place where the river flows from all the mountains that surround it, including Malaju and Padolo sub-watersheds. Several activities in Malaju and Padolo sub-watersheds has resulted in an increase of sedimentation in the port pool. The study was intended to analyze the relation between the increase of total suspended solid (TSS) and change of land cover in the areas and find out the correlation between the changes in the land cover and the increase distribution of suspended sediment. This study used Parwati et al. algorithm (2006) to see the spread of TSS in Bima Bay as well as to conduct sample testing to calculate TSS in the field. Furthermore, we assessed the correlation between the existing changes of TSS and land cover. The results of this study showed an increase in TSS in Bima Bay area. In 1990, the spread of TSS >80 mg/l covered an area of 0.45 Ha, and in 2020, there was an increase of covered area to 35.89 Ha. Dryland and residential agriculture increased by 9% and 4%, while bush decreased by 13%. Certain types of land cover had caused the increase of TSS distribution, such as dryland farming with a positive correlation value of 1 and settlements with a positive correlation value of 1.

Keywords: correlation, TSS, land cover

PENDAHULUAN

Kondisi perairan mengalami perubahan secara fisik, kimia dan biologi, yang terjadi secara alami atau dipengaruhi oleh kegiatan antropogenik.

Secara fisik adanya penambahan zat padat organik dan anorganik yang tersuspensi dapat meningkatkan kekeruhan perairan. Partikel tersuspensi dalam perairan ini disebut *Total Suspended Solid* (TSS) (Rinawati et al., 2016).

Menurut Maulana et al. (2015), TSS merupakan material tersuspensi (diameter $>1 \mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter pori $0,45 \mu\text{m}$. Pada umumnya TSS terdiri dari lumpur, pasir halus dan jasad renik yang sebagian besar disebabkan karena pengikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Distribusi TSS yang ada di perairan dipengaruhi oleh jenis dan keberadaan material sedimen dan proses yang terjadi selama material sedimen ini terbawa (Maulana et al., 2015). Peningkatan TSS secara terus menerus akan berpengaruh terhadap perubahan garis pantai yang terkena endapan sedimen tersuspensi. Daerah yang memiliki nilai TSS tinggi dan berlangsung terus-menerus akan menimbulkan sedimentasi dan terbentuknya daratan yang berakibat pada penambahan luas daratan (Fegie & Sukojo, 2013).

Konsentrasi TSS di laut dapat diketahui melalui penggunaan data dari penginderaan jauh yang dapat menyediakan informasi yang berguna untuk memetakan, memonitor dan mengevaluasi wilayah pesisir dan laut yang luas secara berulang dan pada waktu yang bersamaan (*near real time*), terutama pada daerah yang sulit dicapai dalam pengambilan data secara langsung (Kusuardini, 2011). Li et al. (2003) mengemukakan bahwa beberapa kanal (*band*) citra dapat memberikan respon terhadap kondisi kekeruhan air dan sedimentasi. Pada saat ini telah banyak algoritma yang dibuat untuk mengekstraksi nilai TSS dari citra satelit salah satunya adalah Parwati & Purwanto (2014) yang memanfaatkan kanal merah atau kanal 4 pada citra Landsat yang merupakan *band visible* dengan panjang gelombang $0,630$ sampai $0,680 \mu\text{m}$. Penggunaan data satelit penginderaan jauh tipe Landsat mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya: cakupan wilayah yang luas dan perulangan data pada waktu tertentu.

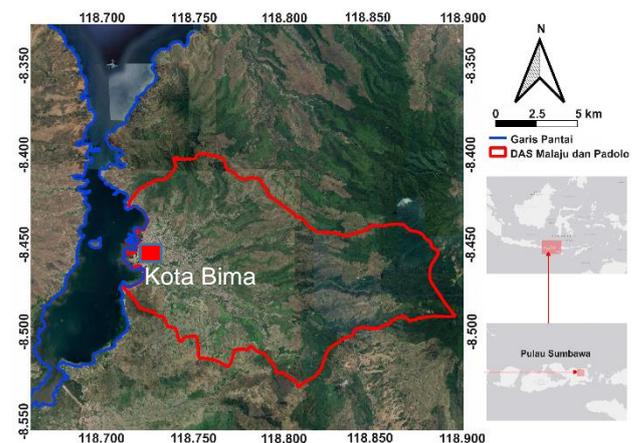
Kota Bima memiliki julukan kota tepian air yang memiliki wilayah pesisir pantai sepanjang 26 km . Kota Bima memiliki nilai strategis sebagai pintu perdagangan dan transportasi laut maupun darat. Teluk Bima menjadi sarana transportasi laut utama sehingga untuk memperlancar kegiatan tersebut melibatkan Teluk Bima sebagai objek pembangunan. Teluk Bima memiliki bentuk yang unik, bagian selatan teluk melebar dan mengecil pada bagian mulut di sisi utara. Pemanfaatan Teluk Bima sebagai pelabuhan, tambak, lokasi wisata dan permukiman pantai. Teluk yang semi tertutup ini sebagai tempat bermuaranya DAS yang mengalirkan air dari hulu di pegunungan sisi barat, selatan dan timur. Terdapat minimal tujuh sungai besar dan belasan sungai kecil yang mengalir dan bermuara di Teluk Bima, diantaranya dari arah timur terdapat Sungai Malaju, Padolo dan Pandai. Dari arah barat terdapat Sungai Daru, Nggembe dan sungai-sungai kecil dari arah Gunung Soro Mandi, muara-muara sungai tersebut membawa sedimen dan material tersuspensi yang sangat banyak masuk ke perairan Teluk Bima (Yusuf, 2016). DAS Rontu yang terdiri dari Sub-DAS Malaju dan Sub-

DAS Padolo dari tahun 1996 sampai 2016 telah mengalami perubahan tutupan lahan yaitu pengurangan kawasan hutan sebesar $28,68\%$, peningkatan permukiman $3,10\%$, peningkatan ladang tegalan $26,83\%$ dan peningkatan lahan terbuka $5,82\%$. Akibat perubahan ini, pada musim hujan terjadi peningkatan debit air pada sub-DAS Malaju dan sub-DAS Padolo (Ismoyojati et al., 2019).

Adanya aktivitas di kawasan Sub-DAS Malaju dan Sub-DAS Padolo berpengaruh terhadap sebaran dan konsentrasi TSS maupun perubahan tutupan lahan. Teknologi penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk melihat perubahan tutupan lahan tersebut dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Parwati et al (2006) yaitu terletak pada lokasi penelitian. Penelitian ini berlokasi di Teluk Bima yang memiliki karakteristik tertutup terutama untuk melihat pengaruh perubahan lahan terhadap konsentrasi TSS. Tujuan dari penelitian ini yaitu memetakan konsentrasi kandungan dan sebaran TSS di perairan Pelabuhan Bima, Teluk Bima selama 30 tahun (1990-2020), memetakan dinamika perubahan tutupan lahan di Kota Bima selama 30 tahun (1990-2020) serta menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan konsentrasi kandungan TSS dan sebarannya di Teluk Bima.

METODE

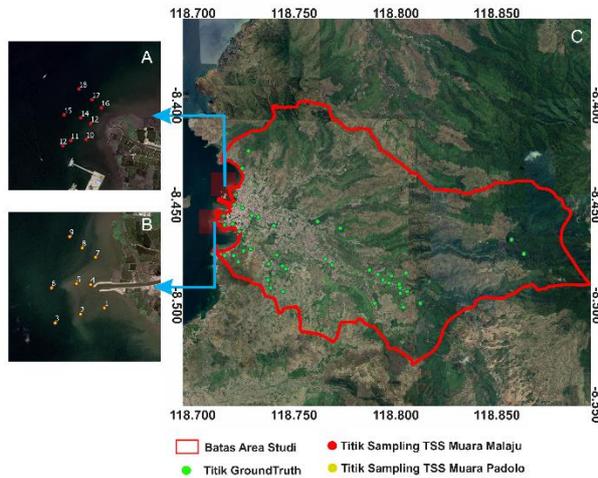
Penelitian dilaksanakan antara bulan Agustus sampai November 2020. Penelitian ini meliputi tahap persiapan, pengambilan data lapangan, pengolahan data, analisis data dan penyusunan laporan hasil penelitian. Pengambilan data lapangan dilaksanakan di wilayah Teluk Bima dan wilayah Sub-DAS Malaju dan Padolo.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian, Teluk Bima, Kota Bima, Nusa Tenggara Barat.

Pelaksanaan uji laboratorium TSS dilakukan di Laboratorium Oseanografi Kimia Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Pengolahan data citra dan analisis data dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Laut, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Universitas

Hasanuddin di Makassar. **Gambar 1** merupakan peta lokasi penelitian yang terletak di Kota Bima, Nusa Tenggara Barat (NTB), poligon berwarna merah dan area di dalamnya merupakan wilayah Sub-DAS Malaju dan Padolo (C), sedangkan perbesaran (*insert*) lokasi pengambilan sampel di muara Sungai Malaju (A) dan Sungai Padolo (B).



Gambar 2. Peta titik pengambilan sampel air dan *ground truth*.

Pada **Gambar 2** titik berwarna hijau merupakan titik sampling untuk *ground truth* tutupan lahan. Titik sampling ditentukan berdasarkan kelas tutupan lahan KLHK Kota Bima tahun 2011 dengan menggunakan teknik random sampling. Titik berwarna kuning dan merah merupakan titik sampling TSS pada muara Sungai Malaju dan Padolo.

Penentuan titik sampling TSS didasarkan pada rentang TSS yang berbeda, dengan melihat secara visual kondisi perairan. Poligon berwarna merah merupakan batasan analisis untuk *Land Cover* (LC) yang merupakan overlay antara Sub-DAS Padolo dan Malaju dengan batas administrasi Kota Bima. Sumber peta yang digunakan yaitu *shapefile* batas DAS NTB tahun 2011, *citra/image online*/Google Earth dan titik sampling lapangan. Pada penelitian ini menggunakan 4 perekaman citra yang berbeda, yaitu Citra Landsat 8 akuisisi 4 Agustus 2020, Landsat 7 akuisisi 17 Agustus 2010, Landsat 7 akuisisi 6 September 2000 dan Landsat 5 akuisisi 21 Oktober 1990.

Pengambilan Data Lapangan

Pengambilan data sebaran sedimen tersuspensi TSS perairan dilakukan dengan pengambilan sampel air laut selama waktu perekaman citra di lokasi penelitian (akuisisi Agustus 2020). Pengambilan sampel air dilakukan di lokasi sampling yang telah ditentukan. Sampel air tersebut dimasukkan ke dalam botol sampel dengan volume ± 1 liter dan disimpan di dalam *cool box* untuk dibawa ke laboratorium.

Pengambilan data lapangan menggunakan metode sampling acak bertingkat atau biasa juga

disebut *stratified random sampling*. Metode ini akan membagi wilayah pengambilan sampel menjadi beberapa tingkatan berdasarkan apa yang ditemukan pada peta tematik. Pengambilan data lapangan klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan mengambil titik koordinat sekaligus dalam rangka untuk verifikasi lapangan dari hasil penafsiran citra terhadap kondisi objek di lapangan atau biasa juga disebut *ground truth*. Pengambilan titik koordinat dengan sistem *waypoint*, dimana setiap objek yang telah ditandai di peta, diambil titik koordinatnya. Kemudian mencatat kondisi tutupan lahan sekitar objek dan data pendukung lain serta mendokumentasikannya untuk memudahkan dalam penafsiran objek pada citra.

Prapengolahan Citra

Sebelum dilakukan pengolahan citra, terlebih dahulu dilakukan tahapan prapengolahan citra. Tahap ini terdiri dari koreksi radiometrik, koreksi geometrik, pemotongan citra dan *masking* citra. Koreksi radiometrik dilakukan dengan mengikuti prosedur koreksi radiometrik dari *Data User Handbook* yang diterbitkan oleh *Department of the Interior US Geological Survey* untuk satelit Landsat 5 *Thematic Mapper* (TM), Landsat 7 *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) dan Landsat 8 *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM), yaitu dengan merubah nilai DN ke TOA Reflectance. Berdasarkan (USGS, 2019b). **Persamaan (1)** merupakan konversi untuk koreksi ToA *reflectance* Landsat 8 LDCM.

$$\rho\lambda' = M\rho Q_{cal} + A\rho \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

- $\rho\lambda'$ = ToA Reflectance
- $M\rho$ = REFLECTANCE_MULT_BAND_x,
- $A\rho$ = REFLECTANCE_ADD_BAND_x,
- Q_{cal} = Nilai digital number (DN)

Sedangkan **Persamaan 2** merupakan konversi untuk koreksi ToA *reflectance* Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM berdasarkan (USGS, 2019a).

$$P_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos\theta_s} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

- P_{λ} = ToA *Reflectance*
- Π = konstanta matematika (3,14159)
- L_{λ} = spektral radiansi
- d^2 = jarak antara umi matahari satuan astronomi
- $ESUN_{\lambda}$ = irradiansi (*solar irradiance*)
- $\cos\theta_s$ = sudut zenit matahari dalam derajat

Koreksi geometri dilakukan dengan metode *image to image rectification* menggunakan titik kontrol untuk merektifikasi citra ke dalam sebuah datum dan proyeksi peta menggunakan GCP dari Peta RBI skala 1:25.000 (BIG, 2014). Pemotongan citra (*cropping*) merupakan proses pengolahan citra yang digunakan untuk fokus pada daerah

pengamatan suatu penelitian (*area of interest*). Selain fokus, hal ini bertujuan untuk memperkecil kapasitas fail (*file*) yang akan diolah serta mempercepat proses-proses dalam perangkat lunak pengolahan yang digunakan bila dibandingkan dengan mengolah data liputan (*scene*) penuh (Ardiansyah, 2015).

Masking citra dilakukan sebelum mengekstrak nilai TSS untuk memisahkan antara objek daratan dan perairan pada citra agar nilai radiansi yang digunakan dalam proses klasifikasi tidak dipengaruhi oleh nilai radiansi dari daratan. Pemisahan daratan menggunakan **Persamaan (3)** (Gao, 1996).

$$NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

NDWI = *Normalized difference water index*

NIR = *Band infrared* jarak dekat

SWIR = *Band infrared* tengah

Pengolahan Citra

Pengolahan citra meliputi komposit *band*, *training data/training sample*, dan klasifikasi citra. Pemilihan kombinasi kanal (*band*) atau komposit citra yang terbaik untuk klasifikasi tutupan lahan didasarkan pada *Optimum Index Factor* (OIF). Menurut Mentari (2013) dan Wahyuni et al. (2014) komposit citra terbaik Landsat 8 OLI untuk klasifikasi tutupan lahan berdasarkan OIF adalah kombinasi dari kanal RGB-754. Menurut Debdip (2013) komposit citra terbaik untuk Landsat 7 ETM+ dan Landsat 5 TM yaitu kombinasi dari kanal RGB-541.

Pengambilan *training sample* sangat diperlukan karena klasifikasi yang akan dilakukan adalah klasifikasi terbimbing (LAPAN, 2014). Adapun kelas-kelas tutupan lahan berdasarkan Peta Tutupan Lahan Kota Bima Tahun 2011 dapat dilihat pada **Tabel 1**, dimana penentuan kelas tutupan lahannya berdasarkan pada Peta Tutupan Lahan Kota Bima tahun 2011 yang diterbitkan oleh KLHK (2011). Adapun kelas tutupan lahan yang digunakan yaitu Hutan, Permukiman, Pertanian Lahan Kering, Sawah, Semak dan Tambak, yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Kelas penutupan lahan.

No	Kode	Toponimi	Keterangan
1	2001	H	Hutan
2	2007	B	Belukar
3	2012	Pm	Permukiman
4	20091	Pt	Pertanian Lahan Kering
5	20093	Sw	Sawah
6	20094	Tm	Tambak

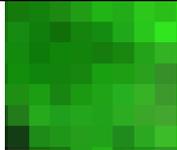
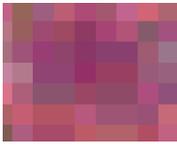
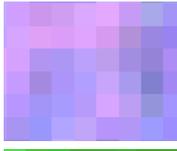
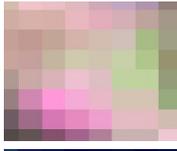
Sumber: KLHK (2011)

Hasil interpretasi Citra Landsat 5, 7, dan 8 dibagi menjadi beberapa kelas yaitu; Permukiman yang merupakan lahan sebagai lingkungan tempat tinggal dengan kenampakan yang tersusun secara kelompok berupa bangunan-bangunan. Kenampakan permukiman pada Landsat 5, 7, dan 8 berwarna merah muda, akan tetapi akan tetapi pada Landsat 5 dan 7 lebih gelap dari Landsat 8.

Hutan merupakan sebuah kawasan yang ditumbuhi dengan lebat oleh pepohonan dan tumbuhan lainnya, kenampakan hutan pada Landsat 5, 7, dan 8 berwarna hijau tua. Pertanian lahan kering merupakan aktivitas di lahan kering yang berupa ladang, perkebunan/kebun campuran yang didominasi oleh tanaman pertanian, kenampakan pertanian lahan kering pada Landsat 5, 7, dan 8 berwarna merah muda cerah. Sawah merupakan kawasan pertanian lahan basah yang berupa padi, kenampakan sawah pada Landsat 5 dan 7 berwarna hijau muda sedangkan pada Landsat 8 berwarna biru karena merupakan sawah baru tanam. Belukar merupakan kawasan yang terdiri dari campuran vegetasi tinggi dan rendah yang tumbuh secara liar, kenampakan pada Landsat 5 dan 7 berwarna ungu bercampur dengan hijau dan pada Landsat 8 berwarna coklat bercampur dengan hijau. Tambak merupakan kawasan perikanan darat yang biasanya terletak di sepanjang pantai. Kenampakan tambak pada Landsat 5 dan 7 berwarna merah dan pada Landsat 8 berwarna biru.

Klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan metode kemiripan maksimum atau disebut juga *maximum likelihood standard*. Klasifikasi *maximum likelihood* mengasumsikan bahwa statistik untuk setiap kelas di setiap *band* terdistribusi secara normal dan menghitung probabilitas bahwa piksel tertentu termasuk dalam kelas tertentu (Richards, 2013).

Tabel 2. Interpretasi tutupan lahan dari citra Landsat

No	Nama Objek	Hasil Komposit Pada Sensor Landsat Berbeda			Foto Ground Truthing Objek
		Landsat 5 RGB 541	Landsat 7 RGB 541	Landsat 8 RGB 754	
1	Hutan				
2	Permukiman				
3	Pertanian Lahan kering				
4	Sawah				
5	Belukar				
6	Tambak				

Analisis Data

Perhitungan TSS Lapangan

Penentuan residu tersuspensi atau TSS (*Total Suspended Solid*) dilakukan dengan menggunakan metode Gravimetri (SNI M-03-1990 F) yang ditunjukkan oleh **Persamaan (4)**.

$$TSS \left(\frac{mg}{l}\right) = \left(\frac{A-Bx1000}{c}\right) \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

A = berat kertas saring berisi TSS (mg)

B = berat kertas saring kosong (mg)

C = volume contoh (ml)

Ekstraksi Nilai TSS Citra

Pemanfaatan Citra *Landsat* untuk ekstraksi TSS menggunakan algoritma yang dikembangkan oleh Parwati et al. (2006), yang memanfaatkan reflektansi *band* merah dari Citra Satelit Landsat, dengan perhitungan menggunakan **Persamaan (5)**.

$$TSS = 3.3288 * \exp (34.099 * a) \dots\dots\dots (5)$$

dimana, *a* atau *band* merah adalah reflektansi dari band 4 Citra Landsat 8 OLI dan *band* 3 Citra Landsat 7 ETM+ serta Landsat 5 TM.

Uji Akurasi Algoritma TSS

Uji Akurasi ini untuk melihat seberapa besar hubungan antara nilai TSS hasil uji gravimetri dan hasil pengolahan citra. Uji akurasi ini menggunakan analisis regresi linear dengan **Persamaan (6)**.

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

Y = variabel dependen

a = konstanta

b = koefisien regresi

X = variabel independen

Uji Akurasi

Uji akurasi hasil klasifikasi dilakukan untuk menguji tingkat akurasi peta tutupan lahan yang dihasilkan dari proses klasifikasi digital dengan sampel uji lapangan dari setiap kelas tutupan lahan seperti belukar, permukiman, pertanian lahan kering, sawah, hutan dan tambak. Ketelitian keseluruhan (*overall accuracy*) diperoleh dari hasil pembagian jumlah piksel yang benar dibagi dengan jumlah piksel yang diamati.

Uji akurasi dilakukan untuk melihat besarnya kesalahan klasifikasi, sehingga dapat melihat besarnya persentase ketelitian pemetaan. Uji

akurasi ini menggunakan matriks kesalahan (*confusion matrix*) (Congalton & Green, 2008).

Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Konsentrasi TSS

Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan konsentrasi TSS digunakan analisis korelasi dengan melihat seberapa besar pengaruh perubahan masing-masing tutupan lahan terhadap konsentrasi TSS. Analisis korelasi mempelajari bentuk hubungan antara satu atau lebih variabel (*X*) luas tutupan lahan dengan satu variabel (*Y*) konsentrasi TSS (**Persamaan (7)**).

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n\sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \dots\dots\dots (7)$$

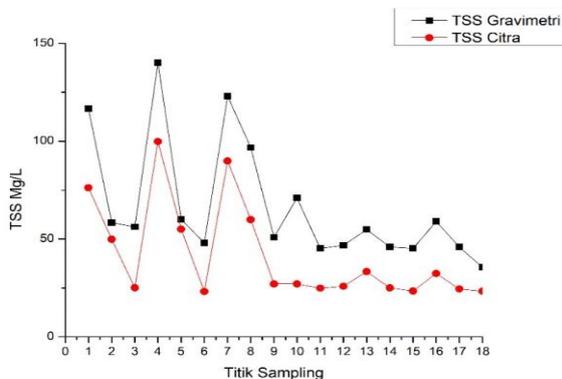
HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Suspended Solid (TSS)

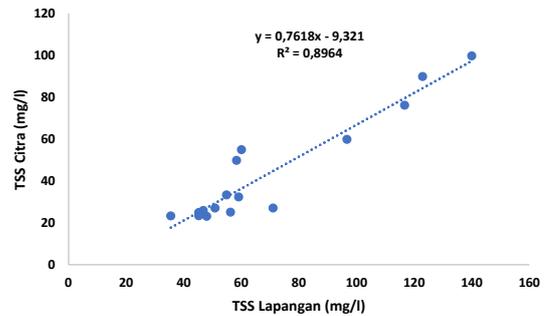
Ekstraksi Nilai TSS

Perbandingan nilai TSS lapangan hasil uji gravimetri dan pengolahan Citra Landsat menggunakan algoritma Parwati et al (2006) dengan jumlah titik sampling sebanyak 18 titik yang tersebar di muara Sungai Malaju dan Padolo dapat dilihat pada **Gambar 3**. Gambar ini memperlihatkan bahwa konsentrasi TSS lapangan hasil uji gravimetri dan pengolahan TSS Citra Landsat tahun 2020 yang diolah algoritma Parwati & Purwanto (2014), mempunyai pola yang hampir sama pada setiap titik sampling.

Hubungan antara TSS uji gravimetri dengan TSS citra mempunyai nilai koefisien determinasi (*R*²) sebesar 0,8964 (**Gambar 4**). Besarnya koefisien determinasi menunjukkan bahwa pengaruh variabel bebas (TSS lapangan) terhadap nilai TSS citra sebesar 89% sedangkan sisanya sebesar 11% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam penelitian ini. Dari nilai determinasi maka dapat diperoleh nilai korelasi (*R*) yaitu sebesar 0,94 artinya kedua memiliki korelasi atau hubungan yang kuat.



Gambar 3. Grafik konsentrasi nilai TSS lapangan hasil uji gravimetri dan nilai TSS pengolahan Citra Landsat 2020.



Gambar 4. Grafik hubungan antara TSS lapangan hasil uji gravimetri dengan TSS pengolahan citra Landsat 2020.

Terdapat perbedaan pada nilai konsentrasi TSS gravimetri dan TSS citra dikarenakan metode yang digunakan berbeda, dimana TSS lapangan menggunakan metode analitik atau satuan berat sedangkan TSS citra menggunakan metode gelombang elektromagnetik. Hasilnya konsentrasi TSS gravimetri di semua titik sampling lebih tinggi dibandingkan dengan nilai TSS citra. Selain itu perbedaan konsentrasi TSS gravimetri dan TSS citra menurut Budiarto & Hariyanto (2017) diakibatkan karena adanya perbedaan waktu pengambilan data lapangan dan waktu perekaman citra, selain itu adanya pengaruh radiometri atau gangguan perambatan gelombang di udara.

Konsentrasi TSS Selama 30 Tahun

Konsentrasi TSS di perairan Teluk Bima berdasarkan data hasil pengolahan Citra Landsat selama 30 tahun dengan titik sampling sebanyak 9 titik di muara Padolo dan 9 titik di muara Malaju diperoleh hasil yang berbeda. Konsentrasi TSS di perairan Pelabuhan Bima selama 30 tahun mengalami peningkatan di semua titik sampling (**Gambar 5** dan **Gambar 6**) dengan nilai rata-rata seperti pada **Tabel 3**.

Gambar 5 memperlihatkan konsentrasi TSS pada stasiun muara Sungai Padolo yaitu pada titik sampling 1-9, relatif mengalami peningkatan di semua titik samplingnya. Konsentrasi TSS terjadi peningkatan di setiap tahun, akan tetapi pada tahun 2000 ke tahun 2010 peningkatannya tidak tinggi. Konsentrasi TSS pada muara Padolo memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan muara sungai Malaju.

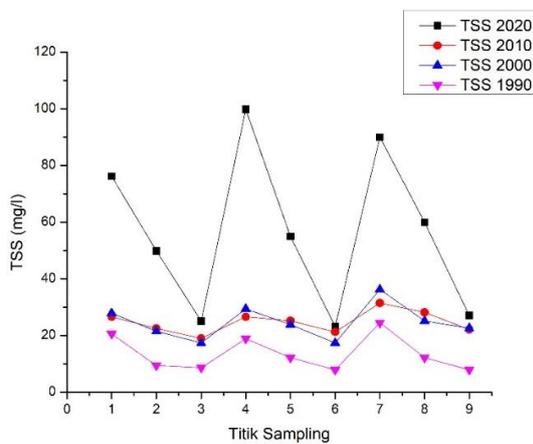
Konsentrasi TSS stasiun muara Sungai Padolo pada tahun 1990 tertinggi yaitu 24,5 mg/l, pada tahun 2000 konsentrasi TSS tertinggi sebesar 36,24 mg/l, tahun 2010 konsentrasi TSS tertinggi sebesar 31,47 mg/l dan pada tahun 2020 mengalami peningkatan yang signifikan menjadi 99,76 mg/l. Adanya penurunan konsentrasi TSS tertinggi dari tahun 2000 hingga 2010 diakibatkan adanya perbedaan kondisi musim sehingga berpengaruh terhadap konsentrasi TSS pada titik sampling.

Tahun 2000 sebaran TSS lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 2010 pada daerah yang mengarah ke darat, akan tetapi pada daerah

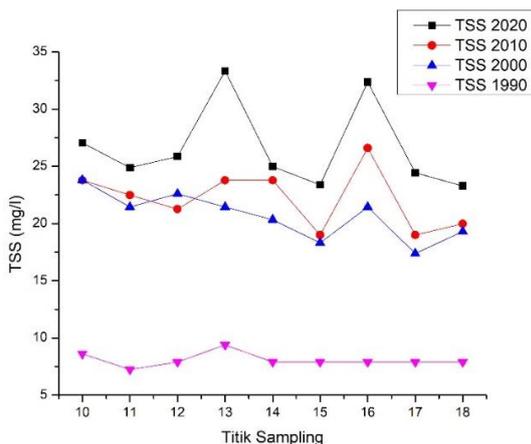
yang mengarah ke tengah laut sebaran konsentrasi TSS lebih tinggi pada tahun 2010.

Konsentrasi TSS stasiun muara Sungai Malaju (**Gambar 6**) pada tahun 1990 tertinggi yaitu 8.61 mg/l, pada tahun 2000 konsentrasi TSS meningkat sebesar 23,81 mg/l, tahun 2010 menurun sebesar 23,78 mg/l dan pada tahun 2020 meningkat sebesar 27,05 mg/l. Pada stasiun muara Sungai Malaju konsentrasi TSS tidak setinggi nilai TSS pada muara Sungai Padolo, akan tetapi konsentrasi TSS mengalami peningkatan yang tinggi. Pola peningkatan TSS pada muara Sungai Padolo dan Malaju hampir sama.

Peningkatan konsentrasi TSS pada muara Sungai Padolo lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi TSS pada muara Sungai Malaju dikarenakan muara Sungai Padolo lebih lebar dibandingkan dengan muara Sungai Malaju, hal ini sesuai dengan penelitian Ismoyojati et al. (2019) bahwa luas Sub-DAS Padolo 214,65 km² dan DAS Malaju 37,98 km².



Gambar 5. Grafik konsentrasi TSS di muara Padolo selama 30 tahun.



Gambar 6. Grafik konsentrasi TSS di muara Malaju selama 30 tahun.

Tabel 3. Nilai rata-rata TSS citra tahun 1990-2020

Stasiun Pengamatan	TSS 1990 (mg/l)	TSS 2000 (mg/l)	TSS 2010 (mg/l)	TSS 2020 (mg/l)
Padolo	13,57	24,58	24,75	56,20
Malaju	8,06	20,67	22,18	26,62

Adanya perbedaan bentuk dan luasan dari muara Sungai Padolo dan Malaju mengakibatkan perbedaan kondisi TSS di perairan. Rositasari (2017) menyatakan bahwa adanya perbedaan luas dan kedalaman muara dapat mengakibatkan perbedaan TSS yang dibawa ke perairan. Kondisi TSS di muara sungai Padolo pada titik sampling 4 dan 7 melewati nilai baku mutu TSS yang ditetapkan untuk kelangsungan kehidupan biota laut yaitu sebesar 80 mg/L (KLH, 2004).

Sebaran TSS selama 30 Tahun

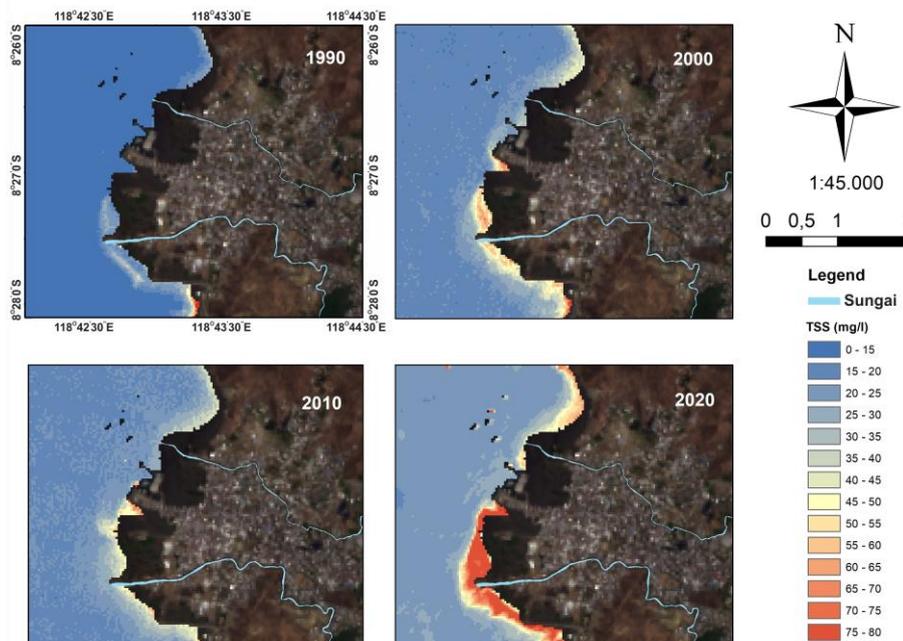
Sebaran TSS di Teluk Bima pada tahun 1990 dengan luasan terbesar yaitu pada kelas TSS 0-20 mg/l dengan luas 731,83 ha, TSS dengan luasan terkecil pada kelas 60-80 mg/l dengan luas sebesar 0,9 ha, sedangkan sebaran TSS >80 mg/l memiliki luas 0,45 ha. Tahun 2000 kelas TSS dengan luasan terbanyak 0-20 mg/l sebesar 572,80 ha, dan terendah pada kelas TSS > 80 mg/l dengan luas 0,18 ha. Tahun 2010 kelas TSS dengan luasan terbanyak 0-20 mg/l sebesar 404,05 ha, dan terendah pada kelas > 80 mg/l dengan luas 0,36 ha. Tahun 2020 kelas TSS dengan luasan terbanyak 20-30 mg/l sebesar 1678 ha dan terendah pada kelas > 80 mg/l sebesar 79 ha (**Tabel 4**).

Berdasarkan hasil penelitian sebaran TSS di Teluk Bima selama 30 tahun dengan periode tahun 1990, 2000, 2010, dan 2020 telah terjadi peningkatan TSS di Teluk Bima. Konsentrasi TSS dengan rentang 0-20 mg/l sebarannya berkurang dari 731,83 ha menjadi 3,87 ha, sedangkan TSS > 80 mg/l mengalami peningkatan sebaran dari 0,45 ha menjadi 35,89 ha, sedangkan rentang TSS lainnya juga mengalami peningkatan sebaran yang signifikan (**Gambar 7**).

Peningkatan sebaran TSS di teluk diakibatkan adanya aktivitas pada daerah Sub-DAS Malaju dan Padolo yang disebabkan adanya buangan material dari darat ke muara sungai. Hal ini sejalan dengan penelitian Febrianto & Latifah (2017) bahwa peningkatan luasan konsentrasi TSS disebabkan oleh adanya material yang dibawa oleh *run off* dari daratan ke muara sungai, demikian juga hasil penelitian Parwati et al. (2010) yang menemukan bahwa salah satu penyumbang sedimen terbesar ke daerah muara adalah adanya erosi.

Tabel 4. Luasan perkelas TSS citra tahun 1990-2020

Kelas TSS	Luas Sebaran TSS (ha)			
	1990	2000	2010	2020
>80	13,22	3,96	6,39	79,98
0-20	2.083,46	1.670,24	1.116,35	291,94
20-40	131,41	453,69	1.060,65	1.678,16
40-60	29,50	123,43	71,87	123,78
60-80	9,26	15,53	11,60	93,00
Total	2266,85	2266,85	2266,85	2266,85



Gambar 7. Peta sebaran TSS di perairan Pelabuhan Bima, Teluk Bima tahun 1990, 2000, 2010, dan 2020.

Land Cover (LC)

Klasifikasi Tutupan Lahan

Hasil klasifikasi dari masing-masing jenis tutupan lahan tahun 1990 diperoleh persentase luas sebesar 61% dengan jenis tutupan lahan pertanian lahan kering dan terendah yaitu tambak persentase luas sebesar 1%. Pada tahun 2000 persentase terluas sebesar 61% dengan kelas tutupan pertanian lahan kering, tahun 2010 sebesar 59% dan tahun 2020 persentasi sebesar 49%, sedangkan persentasi tutupan lahan terkecil yaitu 1% dengan kelas tutupan lahan tambak (Gambar 8).

Uji Akurasi

Berdasarkan hasil uji akurasi klasifikasi pada Tabel 5 diperoleh ketelitian pengguna terkecil yaitu jenis tutupan lahan pertanian lahan kering sebesar 57%, hal ini dikarenakan 7 titik pengamatan terdapat 3 titik terklasifikasi sebagai belukar. Sedangkan untuk ketelitian produser nilai akurasi terkecil yaitu belukar, hal ini dikarenakan adanya 16 titik pengamatan di lapangan terdapat 3 titik terklasifikasi sebagai belukar dan 1 titik terklasifikasi sebagai tambak. Sedangkan untuk nilai akurasi keseluruhan diperoleh nilai sebesar 88%.

Dinamika Perubahan Tutupan Lahan

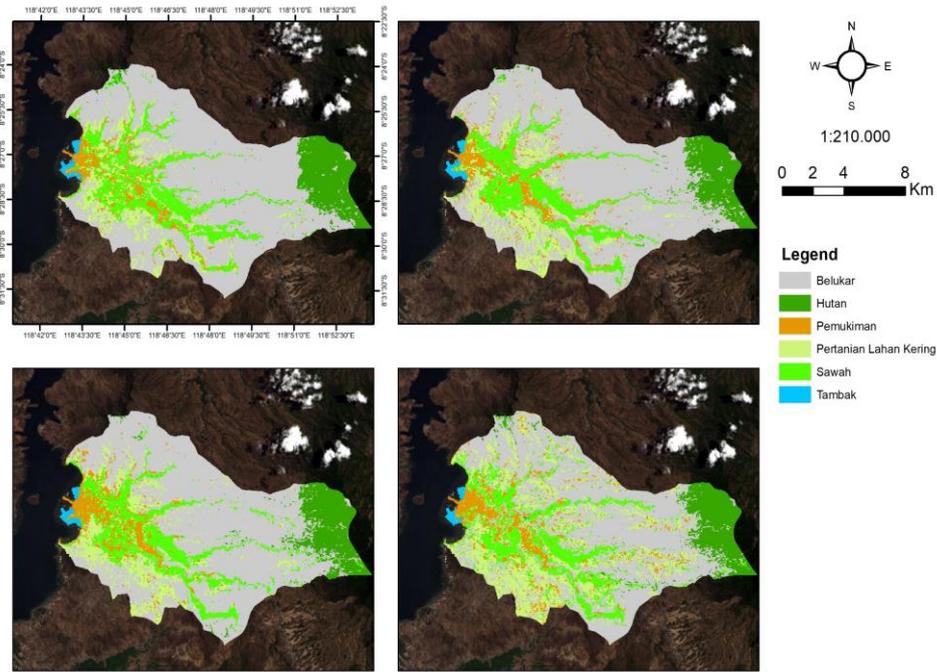
Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terjadi perubahan tutupan lahan di Kota Bima. Pada beberapa kelas tutupan lahan mengalami peningkatan dan juga penurunan luasan yang dapat dilihat pada Gambar 9. Dari hasil klasifikasi tutupan

lahan Kota Bima, belukar mengalami penurunan luasan yakni pada tahun 1990 sebesar 9.893,50 ha, tahun 2000 sebesar 9.791,22 ha, tahun 2010 sebesar 9.544,30 ha, dan pada tahun 2020 sebesar 7.834,84 ha. Kawasan hutan tidak mengalami perubahan yang besar bahkan cenderung stabil, pada tahun 1990 luasan hutan sebesar 1.535,45 ha, tahun 2000 menurun menjadi 1.320,57 ha, tahun 2010 meningkat dari tahun 2000 menjadi 1.516,30 ha dan pada tahun 2020 menjadi 1.473,27 ha.

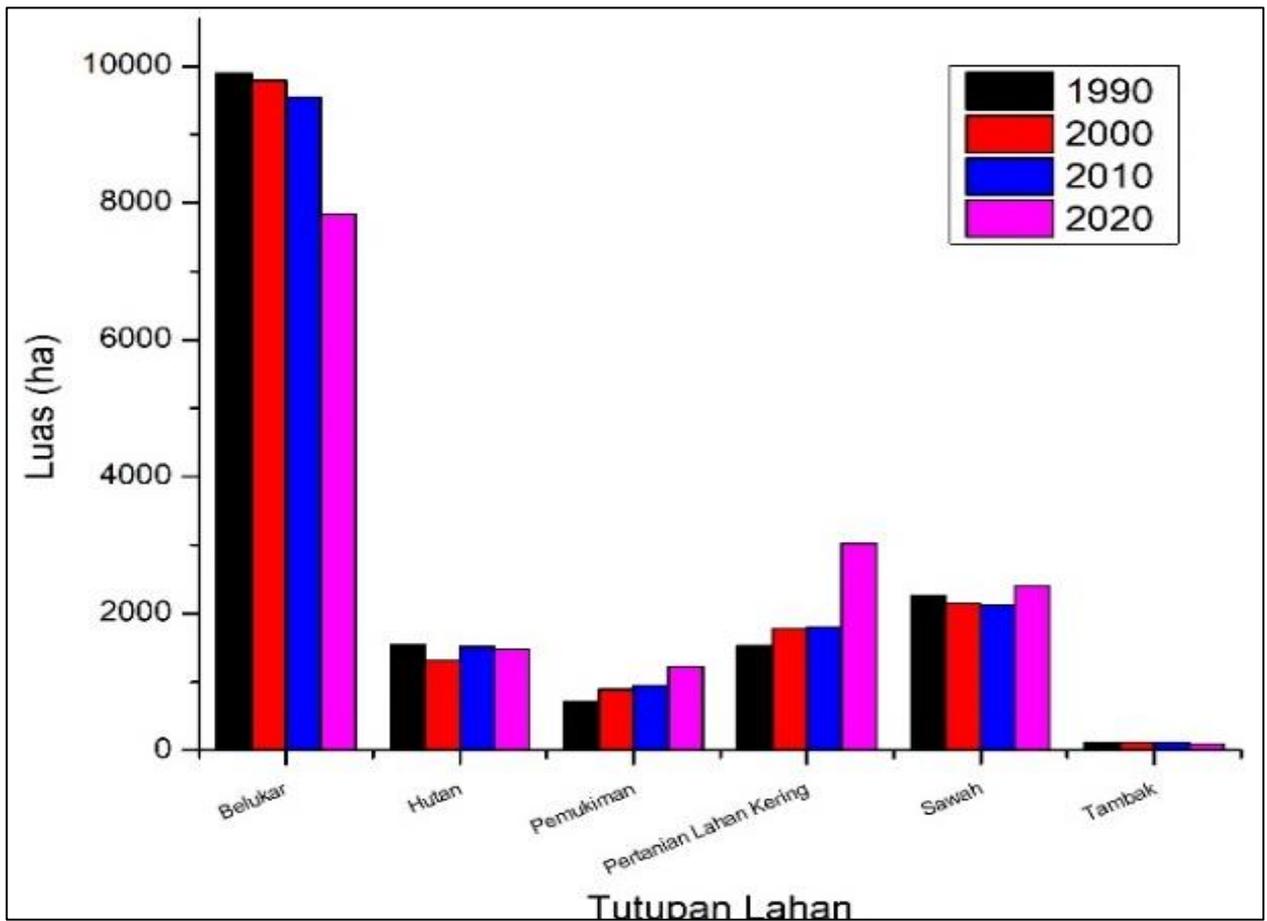
Permukiman mengalami peningkatan luasan dari 4 % total luasan lahan tahun 1990 menjadi 8% dari total luasan lahan 2020. Luasan permukiman pada tahun 1990 sebesar 716,05 ha, tahun 2000 sebesar 887,80 ha, tahun 2010 sebesar 950,60 ha, dan pada tahun 2020 sebesar 1.219,59 ha. Luas pertanian lahan kering mengalami peningkatan yang signifikan, tahun 1990 luas pertanian lahan kering sebesar 1.531,30 ha, tahun 2000 sebesar 1.784,07 ha, tahun 2010 sebesar 1.799,47 dan pada tahun 2020 sebesar 3.017,92 ha

Luas sawah pada tahun 1990 sebesar 2.251,15 ha, tahun 2000 sebesar 2.142,63 ha, tahun 2010 sebesar 2.122,33 ha, dan pada tahun 2020 sebesar 2.406,79 ha. Tambak memiliki luasan paling sedikit dari semua kelas tutupan lahan, pada tahun 1990 luas tambak sebesar 115,12 ha, tahun 2000 sebesar 116,29 ha tahun 2010 sebesar 109,58 ha, dan pada tahun 2020 sebesar 90,16 ha.

Melihat perubahan tutupan lahan dilakukan ekstraksi nilai luasan hasil klasifikasi dari masing-masing kelas tutupan lahan setiap tahunnya. Berdasarkan ekstraksi nilai luasan hasil klasifikasi tutupan lahan untuk citra tahun 1990, 2000, 2010, dan 2020 maka diperoleh luasan tutupan lahan yang dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 8. Tutupan lahan tahun 1990, 2000, 2010, dan 2020.



Gambar 9. Grafik dinamika luasan tutupan lahan.

Tabel 5. Hasil uji akurasi klasifikasi tutupan lahan.

Hasil Klasifikasi	Kelas Rujukan						Jumlah Baris	Ketelitian Pengguna
	H	Pm	Pt	Sw	B	Tm		
H	2						2	100%
Pm		8		1			9	89%
Pt			4		3		7	57%
Sw				6			6	100%
B					12		12	100%
Tm						1	4	80%
Jumlah Kolom	2	8	4	7	16	4	41	88%
Ketelitian Prosedur	100%	100%	100%	86%	75%	100%		
Ketelitian Keseluruhan								88%

Tabel 6. Dinamika luasan tutupan lahan.

No.	Tutupan Lahan	Luas Tutupan Lahan (ha)							
		1990	%	2000	%	2010	%	2020	%
1	Belukar	9.893,50 ha	62%	9.791,22 ha	61%	9.544,30 ha	59%	7.834,84 ha	49%
2	Hutan	1.535,45 ha	10%	1.320,57 ha	8%	1.516,30 ha	9%	1.473,27 ha	9%
3	Permukiman	716,05 ha	4%	887,80 ha	6%	950,60 ha	6%	1.219,59 ha	8%
4	Pertanian Lahan Kering	1.531,30 ha	10%	1.784,07 ha	11%	1.799,47 ha	11%	3.017,92 ha	19%
5	Sawah	2.251,15 ha	14%	2.142,63 ha	13%	2.122,33 ha	13%	2.406,79 ha	15%
6	Tambak	115,12 ha	1%	116,29 ha	1%	109,58 ha	1%	90,16 ha	1%
	Jumlah	16.042,58 ha	100%	16.042,58 ha	100%	16.042,58 ha	100%	16.042,58 ha	100%

Kelas tutupan lahan belukar mengalami penurunan yang drastis dimana pada tahun 1990 luasan belukar sebesar 62 % total luasan, pada tahun 2000 menurun menjadi 61%, tahun 2010 menurun menjadi 59% dan pada tahun 2020 terjadi penurunan yang signifikan menjadi 49%. Hutan tidak mengalami perubahan yang berarti dimana pada tahun 1990 terbesar 10 % dan pada tahun 2020 sebesar 9%. Permukiman mengalami peningkatan sebesar 4 % dari tahun 1990 sampai tahun 2020. Pertanian lahan kering juga mengalami peningkatan dimana pada tahun 1990 sebesar 10% dan pada tahun meningkat menjadi 19%. Sawah hanya meningkat sebesar 1% dari 14% menjadi 15% dan tambak tidak terlalu mengalami perubahan dimana memiliki persentase yang tetap.

Penurunan luas pada lahan belukar diakibatkan adanya peningkatan tutupan lahan untuk pertanian lahan kering dan permukiman dari tahun 1990 sampai tahun 2020. Wahyuni et al. (2014) menyatakan bahwa adanya perubahan tutupan lahan diakibatkan oleh besarnya peningkatan jumlah penduduk yang sejalan dengan permintaan terhadap permukiman dan juga adanya fragmentasi pemilikan lahan menjadi satuan usaha. Kawasan hutan pada daerah

penelitian ini tidak mengalami perubahan yang banyak dikarenakan hutan tersebut masuk kedalam kawasan hutan lindung.

Hasil penelitian Ismoyojati et al. (2019) telah terjadi perubahan lahan dari tahun 1996 sampai dengan 2016, dimana belukar mengalami penurunan tutupan sebesar 10,74%. Permukiman mengalami peningkatan sebesar 3,10% dan juga pertanian lahan kering meningkat sebesar 26,83%. Setiawan & Rudiarto (2016) dalam penelitiannya perubahan lahan permukiman di Kota Bima meningkat dari tahun 1999 sampai tahun 2014 sebesar 25%. Dari hasil penelitian lain inilah dapat diindikasikan bahwa pengurangan tutupan belukar diakibatkan adanya alih fungsi lahan menjadi pertanian lahan kering dan juga permukiman.

Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Konsentrasi TSS di Teluk Bima

Dari hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa kelas tutupan yang memiliki nilai korelasi yang tinggi yaitu pada tutupan lahan pertanian lahan kering dan permukiman, sedangkan untuk tutupan tambak dan belukar memiliki korelasi negatif **Tabel 7**. Dari analisis korelasi didapatkan

perubahan permukiman dan pertanian lahan kering memiliki korelasi positif yang tinggi terhadap perubahan konsentrasi TSS, sedangkan untuk tambak dan belukar memiliki korelasi negatif yang tinggi. Permukiman memiliki pengaruh terbesar

terhadap peningkatan TSS di Teluk Bima. Tutupan lahan permukiman yang meningkat bisa mengakibatkan banyaknya buangan limbah rumah tangga ke muara sehingga berpengaruh terhadap kualitas perairan salah satunya adalah TSS.

Tabel 7. Nilai korelasi tutupan lahan dengan TSS.

	Belukar	Hutan	Permukiman	Pertanian Lahan Kering	Sawah	Tambak	TSS
Belukar	1.0						
Hutan	-0.1	1.0					
Permukiman	-0.9	-0.1	1.0				
Pertanian Lahan Kering	-1.0	0.0	1.0	1.0			
Sawah	-0.8	0.3	0.6	0.8	1.0		
Tambak	1.0	-0.2	-0.9	-1.0	-0.8	1.0	
TSS	-0.9	-0.2	1.0	1.0	0.6	-0.9	1.0

Kospa & Rahmadi (2019) dalam penelitiannya menyatakan bahwa tinggi konversi lahan menjadi permukiman mengakibatkan terjadinya sedimentasi dan juga meningkatkan nilai TSS. Anwariani (2019) juga menyatakan bahwa peningkatan debit air domestik yang dihasilkan dapat menyebabkan meningkatnya beban pencemaran sehingga dapat menurunkan kualitas perairan.

Adanya perubahan tutupan lahan belukar, pertanian lahan kering dan permukiman yang bisa menjadi indikasi awal meningkatnya konsentrasi TSS. Faktor penyebab lainnya adalah terjadinya penurunan belukar dan terjadinya peningkatan pertanian lahan kering maka berpotensi terjadinya erosi pada daerah hulu yang kemudian terbawa melalui aliran sungai sehingga terjadi perpindahan (*transport*) sedimen ke perairan. Belukar memiliki potensi untuk menahan laju erosi pada daerah hulu, karena memiliki komposisi tutupan berupa tumbuhan kecil dan juga tumbuhan sedang yang dimana pada saat musim hujan dapat menyerap air sehingga mengurangi laju erosi. Nurrisqi & Suyono (2013) menyatakan bahwa adanya perubahan penggunaan lahan mengakibatkan meningkatnya debit banjir sehingga berpengaruh terhadap kondisi perairan. Hakim & Al Mukaffa A. (2005) juga menyatakan bahwa perubahan penggunaan lahan berdampak terhadap terjadinya erosi di daerah DAS.

KESIMPULAN

Meningkatnya konsentrasi TSS di semua titik sampling yaitu pada muara Sungai Padolo dan Malaju. Sebaran TSS kelas 0-20 menurun dari 731,83 ha menjadi 3,87 ha, kelas 20-40 meningkat dari 43,62 ha menjadi 665,71 ha, kelas 40-60 meningkat dari 2,88 menjadi 42,55 ha, kelas 60-80 meningkat dari 0,9 ha menjadi 31,66 ha, dan >80 meningkat dari 0,45 ha menjadi 35,89 ha. Lahan belukar menurun sebesar 13%, hutan menurun 1%, permukiman meningkat sebesar 4%, pertanian lahan kering meningkat sebesar 9%, sawah

meningkat 1% dan tambak tidak mengalami perubahan yang besar. Dari hasil analisis korelasi tutupan lahan permukiman dan pertanian lahan kering memiliki nilai korelasi positif yang tinggi sedangkan tambak dan belukar memiliki nilai korelasi negatif yang tinggi. Hasil regresi memperlihatkan bahwa hubungan antara TSS lapangan dengan TSS hasil pengolahan citra cukup tinggi sebesar $R^2 = 0,8964$ dan $R = 0,94$, maka dapat dikatakan metode atau algoritma yang digunakan berjalan dengan baik. Adapun rekomendasi untuk penelitian lanjutan yaitu membandingkan beberapa algoritma TSS pada lokasi penelitian yang sama sehingga dapat dilihat algoritma yang paling efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Puslitbang Laut, Pesisir dan Pulau-pulau Kecil LPPM UNHAS yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anwariani, D. (2019). Pengaruh air limbah domestik terhadap kualitas sungai. *INA-Rxiv*. DOI: <https://doi.org/10.31227/osf.io/8nxsj>.
 Ardiansyah. (2015). Pengolahan citra penginderaan jauh menggunakan ENVI 5.1 dan ENVI LiDAR (Teori dan Praktek). PT. Labsig Inderaja Islim. Jakarta.
 BIG (Badan Informasi Geospasial). (2014). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove. Badan Informasi Geospasial. Bogor.
 Budiarto, S. & Hariyanto, T. (2017). Analisis perubahan konsentrasi total suspended solid (TSS) dampak bencana lumpur sidoarjo menggunakan citra landsat multitemporal (Studi kasus: Sungai Porong, Sidoarjo). *Jurnal Teknis ITS*, 6(1), 2337-3539.
 Congalton, R.G. & Green, K. (2008). *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. Second Edition. CRC Press. Taylor & Francis Group, LCC. Boca Raton, Florida, USA.

- Debdip, B. (2013). Optimum index factor (OIF) for landsat data: a case study on Barasat Town, West Bengal, India. *International Journal of Remote Sensing & Geoscience (IJRSG)*, 2(5), 11-17.
- Febrianto, S. & Latifah, N. (2017). Pemetaan pola sebaran total suspended solid (TSS) di Perairan Teluk Semarang menggunakan Citra Satelit Landsat 7 ETM dan Landsat 8. *Jurnal Harpodon Borneo*, 10(1), 56-60. DOI: <https://doi.org/10.35334/harpodon.v10i1.202>.
- Fegie, I.N. & Sukojo, B.M. (2013). Identifikasi sebaran sedimentasi dan perubahan garis pantai di Pesisir Muara Perancak-Bali Menggunakan Data Citra Satelit ALOS AVNIR-2 dan SPOT-4. *Geoid*, 9(1), 73-80. DOI: <http://dx.doi.org/10.12962/j24423998.v9i1.747>.
- Gao, B.-C. (1996). NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257-266. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3).
- Hakim, L. & Al Mukaffa A., M. (2005). *Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap laju erosi dengan pendekatan sistem informasi geografis (SIG)*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ismoyojati, G., Sujono, J. & Jayadi, R. (2019). Studi pengaruh perubahan tataguna lahan terhadap karakteristik banjir Kota Bima. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, 2(2), 14-27. DOI: <https://doi.org/10.7454/jglitrop.v2i2.46>.
- KLH (Kementerian Negara Lingkungan Hidup). (2004). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan). (2011). *Peta Digital Penutupan Lahan NTB Tahun 2011*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Kospa, H.S.D. & Rahmadi, R. (2019). Pengaruh perilaku masyarakat terhadap kualitas air di Sungai Sekanak Kota Palembang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 212-221. DOI: <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.212-221>.
- Kusuardi, A. (2011). *Estimasi konsentrasi padatan tersuspensi (TSS) dan klorofil-a dari Citra MODIS hubungannya dengan marak alga di Perairan Teluk Jakarta*. Skripsi. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional) (2014). *Penyusunan Pedoman Pengolahan Digital Klasifikasi Penutup Lahan Menggunakan Penginderaan Jauh*. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Jakarta. 25 hal.
- Li, R.-R., Kaufman, Y.J., Gao, B.-C. & Davis, C.O. (2003). Remote sensing of suspended sediments and shallow coastal waters. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(3), 559-566. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2003.810227>.
- Maulana, L., Suprayogi, A. & Wijaya, A.P. (2015). Analisis pengaruh total suspended solid dalam penentuan kedalaman laut dangkal dengan metode algoritma Van Hengel dan Spitzer. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(2), 139-148.
- Mentari, B. (2013). *Identifikasi karakteristik dan pemetaan klasifikasi tutupan lahan menggunakan Citra Landsat 8 (OLI) di Kabupaten Bogor*. Skripsi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nurizzqi, E.H. & Suyono, S. (2013). Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap perubahan debit puncak banjir di Sub DAS Brantas Hulu. *Jurnal Bumi Indonesia*, 1(3), 363-371.
- Parwati, E. Kartika, T., Harini, S. & Diah, F. (2006) *Pemodelan dinamika spasial pengelolaan lahan pesisir Kabupaten Berau, Kalimantan Timur menggunakan data inderaja*. Laporan Akhir Riset Unggulan Kemandirian Kedirgantaraan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Jakarta.
- Parwati, E., Carolita, I., Kartika, T., Harini, S., Dewanti, R. & Trisakti, B. (2010). Analisis hubungan penutup/penggunaan lahan dengan total suspended metter (TSM) kawasan perairan segera anakan menggunakan data inderaja. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 3(1), 87-97.
- Parwati, E. & Purwanto, A.D. (2014). Analisis algoritma ekstraksi informasi tss menggunakan data Landsat 8 di Perairan Berau. *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014: Deteksi Parameter Geofisik dan Diseminasi Penginderaan Jauh*, 518-528.
- Richards, J.A. (2013). *Remote sensing digital image analysis: an introduction*. 5th Edition. Springer-Verlag, Berlin. 494pp. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30062-2>.
- Rinawati, Hidayat, D., Supriyanto, R. & Dewi, P.S. (2016). Penentuan kandungan zat padat (total dissolve solid dan total suspended solid) di perairan Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1), 36-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.23960%2Faec.v1i1.2016.p>.
- Rositasari, R., Supriadi, I.H. & Iswari, M.Y. (2017). Beban padatan tersuspensi di muara sungai kawal dan galang batang, dan sebarannya di Pesisir Kecamatan Gunung Kijang, Kabupaten Bintan Timur. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(2), 685-694.
- Setiawan, B. & Rudiarto, I. (2016). Kajian Perubahan penggunaan lahan dan struktur ruang Kota Bima. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 12(2), 154-168. DOI: <https://doi.org/10.14710/pwk.v12i2.12892>
- USGS (United States Geological Survey). (2019a). *Landsat 7 (L7) data users handbook*. Department of the Interior US Geological Survey, LSDS-1574.
- USGS (United States Geological Survey). (2019b). *Landsat 8 (L8) data users handbook*. Department of the Interior US Geological Survey, LSDS-1574.
- Wahyuni, S., Guchi, H. & Hidayat, B. (2014). Analisis perubahan penggunaan lahan dan penutupan lahan tahun 2003 dan 2013 di Kabupaten Dairi. *Jurnal Agroekoteknologi*, 2(4), 1310-1315.
- Yusuf, S. (2016). *Menuju pengelolaan berkelanjutan sumberdaya terumbu karang Kota Bima*. Universitas Hasanuddin. Makassar.