



SEBARAN SPASIAL TERUMBU KARANG DI SUWARNADWIPA KECAMATAN BUNGUS TELUK KABUNG KOTA PADANG

Astia Nurhidayah

Program Studi Teknologi Penginderaan Jauh Program Diploma Tiga
Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang
Email : astianurhidayah0408@gmail.com

ABSTRACT

Coral reef mapping aims to see the distribution of coral reefs from 2000, 2010 and 2020. In addition, coral reef mapping also aims to see changes in the extent and damage of coral reefs from 2000, 2010 and 2020. The method used to detect the distribution of coral reefs is lyzenga logarithmic method, while to detect damage to coral reefs the method used is the unsupervised classification method. The lyzenga logarithm method uses attenuation coefficients based on the sharpening of the pixel spectral value to a certain depth to increase the object's reflection value and the unsupervised classification method uses the sensitivity of the spectral value of each pixel to the object. The results of the interpretation that there was a significant change in the area of coral reefs from 2000 to 2010 and 2010 to 2020. Image interpretation from 2000 to 2010 detected a decrease in the area of 1.19 hectares. In 2010 to 2020 it detected a decrease in area of 28.87 hectares. The classification results detected an increase in the area of damaged coral reefs from 2010 to 2020 as much as 8.74 hectares. The lyzenga logarithm method has an accuracy rate of 88.89% while the unsupervised classification method shows an accuracy of 86.12% so that the lyzenga logarithmic method is the most suitable method for detecting coral reefs in Suwarnadwipa, Bungus Teluk Kabung District, Padang City.

Keywords: coral reefs, lyzenga, unsupervised

ABSTRAK

Pemetaan terumbu karang bertujuan untuk melihat sebaran terumbu karang dari tahun 2000, 2010 dan 2020. Selain itu pemetaan terumbu karang juga bertujuan untuk melihat perubahan luasan dan kerusakan terumbu karang dari tahun 2000, 2010 dan tahun 2020. Metode yang digunakan untuk mendeteksi sebaran terumbu karang adalah metode logaritma *lyzenga*, sedangkan untuk mendeteksi kerusakan terumbu karang metode yang digunakan adalah metode klasifikasi *unsupervised*. Metode logaritma *lyzenga* menggunakan koefisien atenuasi yang berbasis pada penajaman nilai spektral piksel hingga kedalaman tertentu untuk meningkatkan nilai pantul objek dan metode klasifikasi *unsupervised* kepekaan nilai spektral setiap piksel terhadap objek. Hasil interpretasi terjadi perubahan yang signifikan menggunakan pada luasan terumbu karang dari tahun 2000 ke 2010 dan 2010 ke 2020. Interpretasi citra pada tahun 2000 ke 2010 mendeteksi terjadi penurunan luas sebanyak 1,19 Ha. Pada tahun 2010 ke 2020 mendeteksi terjadi penurunan luas sebanyak 28,87 Ha. Hasil klasifikasi mendeteksi peningkatan luas terumbu karang yang mengalami kerusakan dari tahun 2010 ke 2020 sebanyak 8,74 Ha. Metode logaritma *lyzenga* memiliki tingkat akurasi sebesar 88,89% sedangkan metode klasifikasi *unsupervised* menunjukkan akurasi sebesar 86,12% sehingga metode logaritma *lyzenga* adalah metode yang paling cocok untuk mendeteksi terumbu karang di Suwarnadwipa Kecamatan Bungus Teluk Kabung Kota Padang.

Kata Kunci : terumbu karang, *lyzenga*, *unsupervised*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak di wilayah beriklim tropis dan menjadi negara kepulauan terbesar di dunia. Wilayah pesisir perairan memiliki produktivitas penting paling tinggi. Terdapat spesies ikan dan terumbu karang di wilayah ini. Terumbu karang merupakan organisme yang hidup di dasar perairan dangkal terutama di daerah tropis dan memiliki produktivitas tinggi dan asosiasi yang besar serta kompleks dari organisme-organisme yang memiliki sejumlah tipe habitat yang berbeda pada suatu waktu bersamaan (Suryanti, 2011). Terumbu karang menjadi rumah bagi lebih 76 % jenis karang dan 50 % jenis ikan dan otomatis menjadi penyedia makanan bagi jutaan binatang laut lainnya (Darwin, 1842).

Ekosistem terumbu karang sangat bermanfaat untuk kelangsungan hidup manusia antara lain sebagai penahan gelombang, biota ikan, makanan ikan serta pariwisata bahari. Terumbu karang bersimbiosis dengan sejenis tumbuhan alga yang disebut dengan *zooxanthellae*. Terumbu karang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan sekitar, baik oleh faktor alam maupun kegiatan manusia. Terumbu karang menjadi komponen ekosistem utama pesisir dan laut yang mempunyai peran penting dalam mempertahankan fungsi pesisir dan laut. Terumbu karang berperan sebagai pelindung pantai dari hempasan ombak dan arus kuat selain itu terumbu karang memiliki nilai ekologis dan ekonomis yang cukup tinggi. Nilai ekologis dari terumbu karang yaitu sebagai habitat, tempat mencari makanan, tempat asuhan dan

tumbuh besar, serta tempat pemijahan bagi berbagai biota laut. (Jaelani, Laili, and Marini 2015).

Pada dasarnya ekosistem terumbu karang merupakan laboratorium alam yang sangat unik untuk berbagai kegiatan penelitian yang dapat mengungkapkan penemuan yang berguna bagi kehidupan manusia. Jika diamati pada citra secara visual terlihat keberadaan terumbu karang yang ada di Kota Padang yaitu di sekitar Suwarnadwipa. Suwarnadwipa dikenal juga keindahan pantainya dan juga keanekaragaman hayati laut yang sangat tinggi terutama ekosistem terumbu karangnya. Berdasarkan informasi yang ditelusuri melalui link <https://www.wisatapulausumaterabarat/417427728> diketahui tutupan terumbu karang hampir merata di perairan Suwarnadwipa Kabupaten Pesisir Selatan. Akan tetapi belum ada data yang mengungkap tentang persebaran terumbu karang yang terdapat di Suwarnadwipa. Berdasarkan informasi yang ditelusuri melalui link <https://www.mongabay.co.id/2017/09/27> di Suwarnadwipa adanya kasus perusakan dan pengambilan terumbu karang yang dijadikan bangunan seperti pembangunan cottage, gazebo, shower, dapur lampu taman, plank merek dan selokan penahan gelombang. Rusaknya ekosistem terumbu karang harus diatasi melalui pengendalian secara menyeluruh. Pengendalian menyeluruh tersebut merupakan strategi pengelolaan lingkungan terumbu karang yang meliputi eksploitasi secara lestari, perlindungan serta pencegahan terhadap polusi dan degradasi yang disebabkan oleh aktivitas manusia.

Teknologi penginderaan jauh, khususnya untuk bidang kelautan merupakan alternatif yang cukup baik untuk mengatasi permasalahan diatas. Kemampuan dari teknologi ini untuk mengumpulkan data di wilayah kajian yang luas dan sulit dijangkau secara langsung dalam waktu singkat secara periodik akan membantu dalam penyediaan informasi sumber daya kelautan. Salah satu aplikasi penginderaan jauh adalah pemetaan terumbu karang menggunakan citra satelit *landsat 7* dan citra satelit *landsat 8* yang akan dilakukan pada penelitian ini. Pemetaan sebaran terumbu karang dan kerusakan terumbu karang dengan menggunakan dua metode yaitu metode *Lyzenga* dan *Unsupervised*.

Logaritma *lyzenga* menggunakan band *blue* dan *green* dalam mengidentifikasi terumbu karang karena pada rentang gelombang band *blue* dan *green* memiliki panjang gelombang paling baik untuk mendeteksi keberadaan terumbu karang di perairan dangkal.

METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada Kecamatan Bungus Teluk Kabung, Kota Padang. Letak Kecamatan Bungus Teluk Kabung secara astronomis pada $0,54^{\circ}$ - $1,80^{\circ}$ LS dan $100^{\circ}34'$ BT. Secara geografis Kecamatan Bungus Teluk Kabung berada di pesisir barat Sumatera. Dilihat dari letak geografis Kecamatan Bungus Teluk Kabung berbatasan dengan:

1. Utara: Bukit Kecamatan Lubuk Begalung
2. Selatan: Kabupaten Pesisir Selatan
3. Timur: Kabupaten Pesisir Selatan dan Lubuk Kilangan

4. Barat : Samudra Hindia

Kedaaan iklim di Kecamatan Bungus Teluk Kabung Kota Padang Provinsi Sumatera Barat pada umumnya udaranya lembab atau iklimnya dingin dengan suhu rata-rata $21,6$ derajat sampai $31,8$ derajat celcius dan memiliki curah hujan $302,35$ mm, dan penyebaran hujan merata setiap bulannya.

Ketinggian permukaan daratan sangat bervariasi yakni berada pada dataran rendah. Perubahan iklim yang ditandai dengan pertukaran musim hampir tidak menentu dan sulit untuk di prediksi.

Alat dan yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop, alat tulis, GPS, dan kamera *underwater*. Sedangkan bahan dalam penelitian ini adalah peta administrasi Kecamatan Bungus Teluk Kabung yang diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kota Padang, Citra Landsat 7 tahun 2000, dan 2010, Citra Landsat 8 tahun 2020 diperoleh dari USGS (www.USGS.com).

Metode Penelitian

1. Metode Logaritma Lyzenga

Analisis citra menggunakan metode klasifikasi logaritma *lyzenga* menggunakan *Dept Invariant Index (DII)*, dalam poengolahannya dimaksudkan untuk mendapatkan informasi objek bawah air yang lebih baik. Ada beberapa macam faktor yang mempengaruhi kualitas nilai pantul objek dibawah air seperti arus, kekeruhan dan pergerakan muka air. Band yang digunakan adalah *blue*, *green* dan *red*.

Logaritma *Lyzena* yang digunakan adalah dengan rumus pada persamaan 1 berikut :

Rumus:

$$Y = \ln(Li) - \left(\frac{Ki}{Kj}\right) \times \ln(Lj) \dots \text{Pers 1}$$

Dimana :

Li = nilai refleksi *Band* biru

Lj = nilai refleksi *Band* hijau

Ki/Kj = rasio koefisien atenuasi *Band* biru dan hijau

Formula diatas digunakan untuk mendeteksi informasi dasar perairan (Y). Dalam hal ini *Band* biru (Li) dan *Band* hijau (Lj) digunakan untuk mendeteksi objek di bawah permukaan air hingga seberapa dalam panjang gelombang pada *Band* tersebut dapat mendeteksi objek di dasar perairan. Menurut Suwargana (2004), bahwa band *blue* dan *green* memiliki panjang gelombang dengan penetrasi paling baik diantara band lainnya dalam mendeteksi substrat perairan.

Pembuatan Koefisien Atenuasi dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{Ki}{Kj} = a + \sqrt{a^2} - 1 \dots \text{Pers 2}$$

Nilai a ditentukan oleh persamaan sebagai berikut:

$$a = \frac{\sigma_{ii} - \sigma_{jj}}{2 \cdot \sigma_{i,j}} \dots \text{Pers 3}$$

Dimana :

σ_{ii} = Ragam atau varian *Band* biru i

σ_{jj} = Ragam atau varian *Band* hijau j

$\sigma_{i,j}$ = peragam atau *covarian Band i* dan *Band j*

Mendapatkan hasil logaritma *lyzena* maka terlebih dahulu menghitung nilai koefisien atenuasi menggunakan persamaan 2, nilai ki/kj ditentukan oleh nilai α (persamaan 3), nilai α didapatkan dengan mengekstras nilai digital pada *band blue* dan *green* pada posisi geografis yang sama melalui *training sampel area* yang bisa berbentuk polygon ataupun titik.

2. Metode Klasifikasi *Unsupervised*

Metode klasifikasi *unsupervised* menggunakan kombinasi band *red*, *green*, dan *blue*. Pengolahan dengan metode klasifikasi *unsupervised* bertujuan untuk mendapatkan kerusakan terumbu karang. dengan klasifikasi tak terbimbing dapat ditentukan klasifikasi yang tergolong terumbu karang rusak dan terumbu karang yang tidak rusak dari pantulan cahaya objek tersebut, dari hasil klasifikasi citra diperoleh tiga kelas yaitu terumbu karang, substrat dan pasir. Selanjutnya citra hasil klasifikasi tersebut dimasukkan dan diolah lebih lanjut dengan menggunakan *software Arcgis 10.3*, yang kemudian menghasilkan peta kerusakan terumbu karang. Logaritma yang digunakan adalah logaritma *iso cluster unsupervised clasification* Terumbu karang dapat dikatakan sehat jika *persentase* terumbu karang hidup pada suatu *area* lebih dominan dari pada terumbu karang mati. Indikator lain yang bisa digunakan untuk menentukan ketidaksehatan suatu terumbu karang antara lain tumbuhnya lumut dan alga serta ditemukannya patahan- patahan di beberapa bagian terumbu karang. Lindahl et al (2001) juga menyebutkan bahwa

terumbu karang mati ditunjukkan dengan warna yang semakin memutih dan mulai tumbuh koloni herbivora.

3. Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan *Confusion Matrik*. Jumlah sampel yang diambil adalah 36 titik sampel untuk sebaran terumbu karang dan 36 titik sampel untuk kerusakan terumbu karang. Titik sampel ditentukan secara *random* di *software ArcGIS 10.3*

4. Tahap Perhitungan Luas

Hasil ekstraksi dari analisis *logaritma Lyzenga* dan *Unsupervised* diolah di *Software ArcGIS 10.3* setelah hasil ekstraksi di *convert* menjadi *shapefile (.shp)*. metode perhitungan luas ini didasarkan pada sistem proyeksi UTM. Penkonversian *shapefile* dilakukan dengan menggunakan *tool project* yang tersedia di *Arctoolbook*. Setelah file terkonversi kedalam sistem koordinat UTM maka tahapan perhitungan luas sudah dapat dilakukan, dalam hal ini zona UTM yang dipakai adalah zona UTM 47 S, perhitungan dilakukan dengan menggunakan *tool* yang tersedia di atribut tabel yaitu *calculate geometri* dan satuan yang digunakan adalah Hektar (Ha).

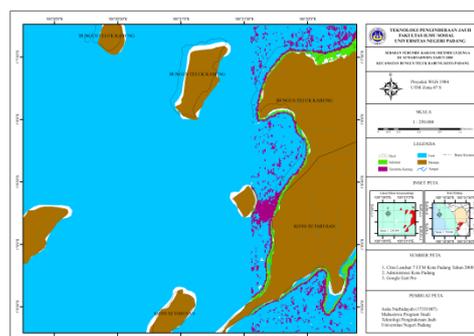
HASIL

1. Metode Logaritma *Lyzenga*

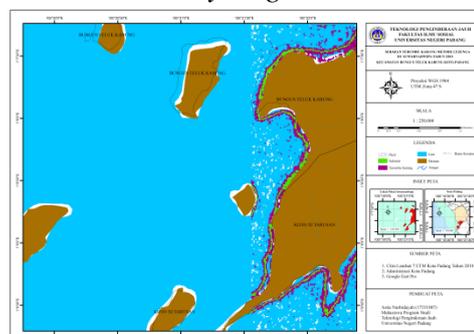
Penyusunan *logaritma lyzenga* bertujuan untuk mempertajam kenampakan citra pada perairan dangkal hingga sangat membantu dalam memetakan terumbu karang dan ekosistem lainnya di perairan dangkal. Pengaplikasian *logaritma lyzenga* dilakukan kepada citra tahun 2000, 2010 dan 2020. *Band* yang paling akurasinya untuk dijadikan patokan

dalam mendeteksi terumbu karang adalah *band* hijau dan *band* biru.

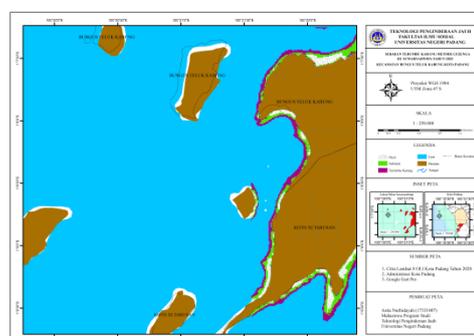
Hasil klasifikasi *logaritma lyzenga* pada masing-masing tahun disajikan pada peta di bawah ini yang dapat dilihat pada Gambar 1 untuk hasil identifikasi tahun 2000, Gambar 2 untuk hasil identifikasi tahun 2010 dan Gambar 3 untuk hasil identifikasi tahun 2020 :



Gambar 1. *Lyzenga* Tahun 2000



Gambar 2. *Lyzenga* Tahun 2010

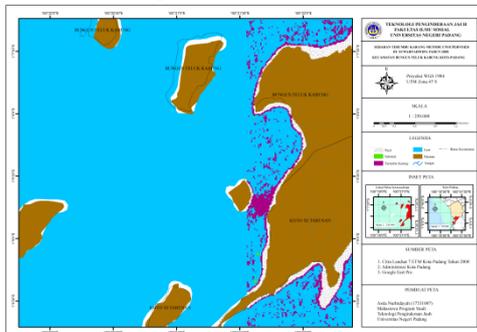


Gambar 3. *Lyzenga* Tahun 2020

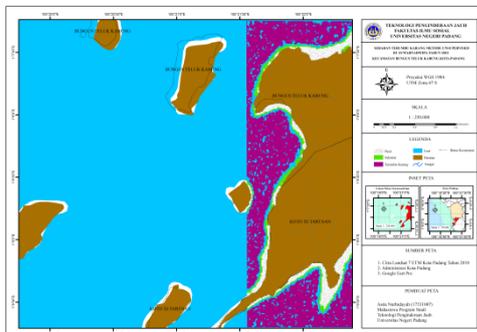
2. Metode Klasifikasi *Unsupervised*

Metode klasifikasi *unsupervised* yang memiliki kepekaan terhadap *band red, green* dan *blue*. Metode pengolahan

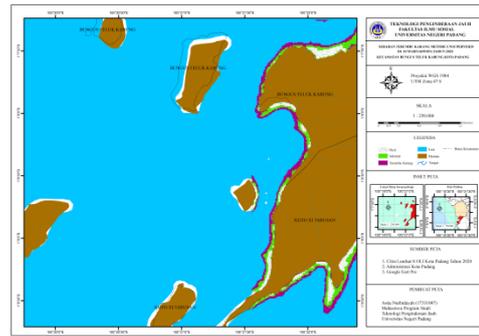
unsupervised menggunakan teknik *Iso Cluster Unsupervised Clasification* yang menentukan tiga kelas klasifikasi yaitu terumbu karang, pasir dan substrat. Citra landsat 7 tahun 2000, citra landsat 7 tahun 2010 dan citra landsat 8 tahun 2020 memiliki resolusi spasial sebesar 30 meter dan mempunyai *Band Pankromatik* dengan resolusi spasial 15 meter hingga bisa digunakan dalam mempertajam *band red green blue*. Berikut peta hasil analisis metode klasifikasi *unsuervised* dapat dilihat pada gambar 4 untuk hasil identifikasi *unsupervised* tahun 2000, gambar 5 untuk identifikasi *unsupervised* tahun 2010, gambar 6 untuk identifikasi *unsupervised* tahun 2020, gambar 7 untuk hasil kerusakan terumbu karang tahun 2010 dan gambar 8 untuk hasil kerusakan terumbu karang tahun 2020 :



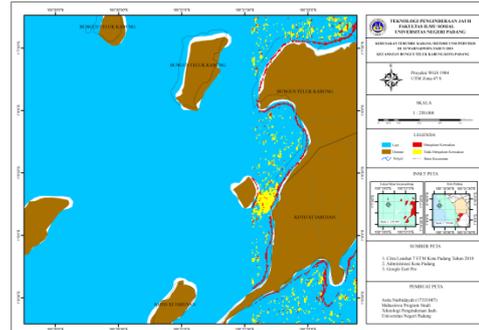
Gambar 4. *Unsupervised* Tahun 2000



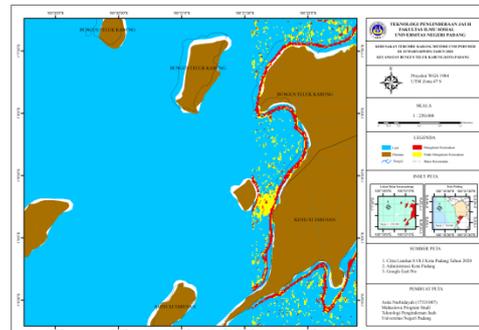
Gambar 5. *Unsupervised* Tahun 2010



Gambar 6. *Unsupervised* Tahun 2020



Gambar 7. Kerusakan Tahun 2010



Gambar 8. Kerusakan Tahun 2020

PEMBAHASAN

Tingkat Akurasi

Berdasarkan hasil tabel uji akurasi, nilai akurasi metode klasifikasi logaritma *lyzenga* memiliki akurasi 88,89 %, yaitu terdapat 32 sampel berada pada objek yang sesuai dengan kondisi real di lapangan sedangkan hasil uji akurasi metode klasifikasi *unsupervised* memiliki akurasi sebesar 86,12 % yaitu terdapat 31 sampel objek yang sesuai dengan kondisi real di lapangan. Berdasarkan dari hasil uji akurasi diatas dapat disimpulkan metode klasifikasi *lyzenga* memiliki tingkat

akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode klasifikasi *unsupervised*. Metode logaritma *lyzenga* pada dasarnya didesain untuk meningkatkan kepekaan terhadap objek di dasar perairan dan memberikan hasil identifikasi yang lebih rinci.

Metode Logaritma *Lyzenga*

Metode logaritma *lyzenga* mendeteksi perubahan sebaran terumbu karang dengan akurasi berbeda dengan metode klasifikasi *unsupervised*. Luasan terumbu karang yang teridentifikasi berbeda dengan metode *unsupervised*, berikut tabel luasan hasil identifikasi *Lyzenga* :

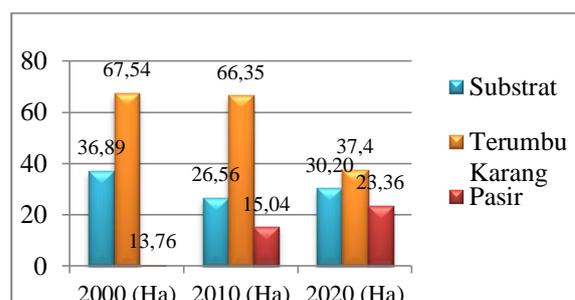
Tabel 1. Perubahan Luasan Terumbu Karang Metode logaritma *lyzenga*

No	Objek	2000 (Ha)	2010 (Ha)	2020 (Ha)
1.	Substrat	36,89	26,56	30,20
2.	Terumbu Karang	67,54	66,35	37,48
3.	Pasir	13,76	15,04	23,36

Sumber: Hasil kalkulasi metode logaritma *lyzenga*

Hasil klasifikasi *lyzenga* mendeteksi luasan terumbu karang dari tahun 2000 ke 2010 adalah 67,54 ha menjadi 66,35 ha dan kemudian kalkulasi tahun 2010 ke 2020 adalah 66,35 ha berkurang menjadi 37,48 ha. Kondisi yang berbeda jika di bandingkan dengan hasil klasifikasi *unsupervised*. Tingkat akurasi juga berbeda bisa dilihat dari peta hasil analisis, hingga ada perbedaan yang signifikan antara luasan terumbu karang, substrat dan pasir, berikut grafik visulanya :

Perubahan luas terumbu karang metode logaritma *lyzenga*



Gambar 9. Perubahan luas terumbu karang metode *lyzenga*

Sumber : Data olahan klasifikasi *lyzenga*

Dari hasil kalkulasi menunjukkan adanya penurunan yang signifikan dari hasil deteksi tahun 2010 ke tahun 2020. Hal disebabkan pada metode logaritma *lyzenga* objek yang ada pada perairan dangkal diidentifikasi sebagai objek substrat dan pasir.

Metode Klasifikasi *Unsupervised*

Hasil analisis menunjukkan terjadi perubahan luasan kerusakan terumbu karang dari tiga tahun yang telah diidentifikasi dan di hitung luasannya, perbedaan luasan terjadi dari terumbu karang yang mengalami kerusakan pada tahun 2010 dan mengalami peningkatan dari kerusakan terumbu karang pada tahun 2020, berikut perubahannya:

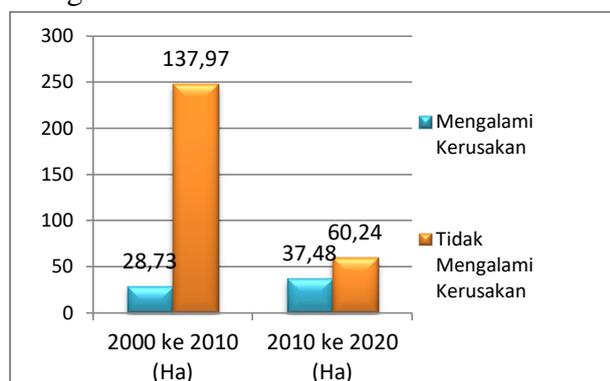
Tabel 2. Perubahan Luasan Kerusakan Terumbu Karang metode klasifikasi *unsupervised*

No	Klasifikasi	2000 ke 2010 (Ha)	2010 ke 2020 (Ha)
1.	Mengalami Kerusakan	28,73	37,48
2.	Tidak Mengalami Kerusakan	137,97	60,24

Sumber: Hasil kalkulasi metode *unsupervised*

Objek terumbu karang yang mengalami kerusakan yang terdeteksi oleh metode klasifikasi *unsupervised*

menunjukkan ada perbedaan luasan yang terjadi pada tahun 2010 ke tahun 2020. Untuk gambaran lebih jelasnya adalah sebagai berikut :



Gambar 10. Perubahan luasan kerusakan terumbu karang metode *unsupervised*
Sumber : Data olahan klasifikasi *unsupervised*

Berdasarkan data hasil analisis klasifikasi *unsupervised* yang telah di kalkulasikan di dalam grafik diatas terlihat objek terumbu karang yang mengalami kerusakan mengalami penambahan luasan dari tahun 2010 ke tahun 2020 yaitu luasannya bertambah dari 28,73 ha menjadi 37,97 ha.

KESIMPULAN

Sebaran deteksi terumbu karang menggunakan metode logaritma *lyzenga* menghasilkan sebaran terumbu karang terdapat pada perairan dangkal atau pada kedalaman 1 meter sampai kedalaman 10 meter. Terumbu karang pada tahun 2000 memiliki sebaran seluas 67,54 ha, pada tahun 2010 terumbu karang memiliki sebaran seluas 66,35 ha dan pada tahun 2020 terumbu karang memiliki sebaran seluas 37,48 ha. Tingkat akurasi sebaran terumbu karang dengan menggunakan metode logaritma *lyzenga* memiliki tingkat akurasi sebesar 88,89% yaitu terdapat 32

sampel objek yang sesuai dengan kondisi real di lapangan dari total sampel sebanyak 36 sampel dan metode *lyzenga* mempunyai nilai akurasi yang baik untuk mendeteksi sebaran terumbu karang. Terumbu karang dari tahun 2000 ke tahun 2010 mengalami penurunan seluas 2,86 % sedangkan pada tahun 2010 ke tahun 2020 terumbu karang mengalami penurunan seluas 20,3 % Penurunan luas tersebut disebabkan karena sebagian besar terumbu karang di Suwarnadwipa telah mengalami kerusakan. Terumbu karang yang mengalami peningkatan kerusakan seluas 27,97 %. Terumbu karang sebagian besar yang mengalami kerusakan terdapat pada terumbu karang yang berada pada perairan dangkal atau terumbu karang yang tersebar pada kedalaman kurang dari 10 meter.

SARAN

Bagi Pemerintah Kota Padang sebaiknya memperhatikan bagaimana pertumbuhan dan kondisi terumbu karang yang telah mengalami pengurangan yang drastis dari tahun 2000, 2010 dan tahun 2020. Perlunya ada kebijakan yang melindungi objek terumbu karang karena terumbu karang merupakan zona utama bagi biota laut untuk tempat tumbuh dan berkembang biak.

Bagi pengelola objek wisata yang berkembang pada wilayah-wilayah yang memiliki sebaran terumbu karang yang masih dalam kondisi yang baik sebaiknya selalu menjaga kelestarian terumbu karang sehingga tidak dikembangkan objek wisata yang akan merusak terumbu karang baik itu dalam proses pembangunan maupun dalam permainan pada lokasi wisata.

Bagi peneliti selanjutnya, pengambilan *training sampel* harusnya menggunakan objek yang benar-benar ada dilapangan dengan cara pembuatan *ROI* langsung dari *GPS* kemudian dimasukkan sebagai *training sampel* interpretasi benar-benar sesuai dengan kondisi real di lapangan serta juga mempertimbangkan kondisi fisik perairan untuk hasil yang lebih akurat.

Bagi pemerintah agar memerhatikan kelangsungan hidup terumbu karang yang ada di Suwarnadwipa supaya tidak terjadinya perusakan terumbu karang baik di sengaja maupun secara tidak sengaja.

DAFTAR PUSTAKA

- Damayanti, Reina. 2012. *Pemetaan Sebaran Terumbu Karang Menggunakan Citra Satelit Spot-6 di Perairan Pulau Pari Kepulauan Seribu Jakarta*. 7(3): 279-287.
- Daniel, Dirga. 2010. *Karakteristik Oseanografis dan Pengaruhnya Terhadap Distribusi dan Tutupan Terumbu Karang di Wilayah Gugusan Pulau Pari, Kabupaten Kepulauan Seribu, DKI Jakarta*.
- Darwin. 1842. *Ekosistem Terumbu Karang dan Statusnya (Studi Kasus Kondisi Terumbu Karang di Provinsi Bali)*.
- Didi, La, Diyah Palupi, and Kecamatan Wangi-wangi Kabupaten. 2018. "Pemetaan Kondisi Terumbu Karang Menggunakan Citra Satelit Di Pulau Matahora Kabupaten Wakatobi." 3(4): 319-26.
- Dominggus, Samuel,dkk. 2016. Pemantauan Ekosistem Terumbu Karang Menggunakan Data Penginderaan Jauh Studi Kasus di Pulau Owi, Papua. *Prosedia Ilmu Lingkungan Hidup*. 33(3): 600-606.
- Fadhli, Rafdi. 2018. Persebaran Terumbu Karang di Wilayah Perairan Karawang. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*. 2(1): 38-51.
- Johan, Irawan. 2017. *Studi Perkembangan Terumbu Karang di Perairan Pulau Panjang Jepara Menggunakan Citra Sentinel-2 Menggunakan Logaritma Lyzenga*.
- Lyzenga, Metode Algoritma. 2018. *Jurnal Geodesi Undip Oktober 2018* (7): 233-43.
- Verwey. 1981. *Kondisi Terumbu Karang di Tanjung Gosongseng Desa Kahyapu Pulau Enggano Provinsi Bengkulu*. 1(1): 43-56.
- Yempita, Efendi. 1994. Kerusakan Terumbu Karang di Perairan Sepanjang Pantai Sumatera Barat. *Jurnal Perikanan Laut*. (91): 48-56.