

**DETEKSI KEBERADAAN EKOSISTEM PADANG LAMUN DAN TERUMBU KARANG
MENGUNAKAN ALGORITMA LYZENGA SERTA KEMAMPUAN MENYIMPAN
KARBON DI PULAU KUDINGARENGLOMPO**

**DETECTION OF THE EXISTENCE OF SEAGRASS BEDS AND CORAL REEF USING LYZENGA
ALGORITHM AND THE ABILITY OF STORING CARBONS IN KUDINGARENGLOMPO ISLAND**

Eggy Arya Giofandi^{1*}, Yuliana Safitri², Ahkmad Eduardi³

^{1,3}Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu 'Sosial, Universitas Negeri Padang

²Program Studi Teknologi Penginderaan Jauh, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Sumatera Barat-Indonesia

*Corresponding author e-mail: aryaeggy15@gmail.com

Submitted: 03 Agustus 2019 / Revised: 30 Desember 2019 / Accepted: 30 Desember 2019

<http://doi.org/10.21107/jk.v12i2.5803>

ABSTRACT

The growth of built up land and the dense human activity drive cause the greater production of CO₂ on earth, thus impacting on decreasing air quality and the greenhouse effect. This is also marked by the reduction in forest vegetation which causes limited carbon sequestration, aquatic ecosystems have the ability to absorb carbon more than the absorption on land about 55% of carbon in the atmosphere and used for photosynthesis. Blue carbon is the largest carbon storage around the coastline marked by the presence of mangroves, seagrass beds, and coral reefs. The purpose of this study is to monitor the existence of seagrass and coral reef ecosystems using Sentinel-2A imagery through the transformation of lyzenga algorithm in detecting and knowing the ability to store carbon on Kudingarenglompo island. The results of the calculation found that the more dominant area in the form of seagrass (122ha) then the area of coral reefs reached (77ha) rubble (27ha) and sand (18ha) and the potential for blue carbon storage depends on the density and extent of seagrass distribution. The level of Sentinel-2A image accuracy test in detecting the distribution of seagrass ecosystems and coral reefs produces a value of 87.60%, the accuracy value indicates that the Sentinel-2A image is able to be used in monitoring seagrass and coral reef ecosystems or shallow water substrates.

Keyword: seagrass beds, blue carbon, lyzenga, sentinel-2A.

ABSTRAK

Pertumbuhan lahan terbangun serta padatnya aktivitas manusia berkendaraan menyebabkan semakin besarnya produksi CO₂ di bumi, sehingga berdampak pada penurunan kualitas udara dan efek rumah kaca. Hal ini juga ditandai dengan berkurangnya vegetasi hutan yang menyebabkan terbatasnya penyerapan karbon, ekosistem perairan memiliki kemampuan penyerapan karbonnya lebih tinggi dari penyerapan yang ada di darat sekitar 55% karbon yang ada di atmosfer dan digunakan untuk proses fotosintesis. Blue karbon merupakan penyimpan karbon terbesar yang berada disekitar pesisir pantai ditandai dengan adanya keberadaan mangrove, padang lamun, dan terumbu karang. Tujuan penelitian ini ialah memantau keberadaan ekosistem padang lamun dan terumbu karang menggunakan citra Sentinel-2A melalui transformasi algoritma lyzenga dalam mendeteksi dan mengetahui kemampuan menyimpan karbon pada pulau Kudingarenglompo. Hasil perhitungan ditemukan luasan yang lebih dominan berupa padang lamun (122ha) kemudian luasan terumbu karang mencapai (77ha) rubbel (27ha) dan pasir (18ha) serta potensi penyimpanan blue karbon tergantung kerapatan dan luas persebaran padang lamun. Tingkat uji akurasi citra Sentinel-2A dalam mendeteksi persebaran ekosistem padang lamun dan terumbu karang menghasilkan nilai sebesar 87,60%, nilai akurasi tersebut menunjukkan bahwa citra Sentinel-2A mampu digunakan dalam memantau ekosistem padang lamun dan terumbu karang atau substrat perairan dangkal.

Kata Kunci: padang lamun, blue karbon, lyzenga, sentinel-2A.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar yang memiliki gugusan karang cukup besar dan tersebar hampir di seluruh pulau Indonesia. Kejadian geologi masa lalu dan kondisi lingkungan perairan saat ini telah menciptakan penghalang geologis yang memberikan variasi terhadap pola spesiasi dan endemisasi biota karang. Beberapa jenis karang endemis telah ditemukan dan diidentifikasi di beberapa perairan Indonesia, yaitu *Acropora suharsonoi*, *Indophyllia macassarensi*, *Isopora togianensis* dan *Euphyllia baliensis*. Luasan terumbu karang Indonesia mencapai 2,5 juta Ha dengan jenis karang berada dalam 14 ecoregional dari total 141 ecoregional sebaran karang di dunia (COREMAP-LIPI, 2017). Namun ekosistem terumbu karang memiliki kemampuan yang baik dalam memperbaiki bagian yang rusak apabila karakteristik habitat dari berbagai macam formasi terumbu karang dan faktor lingkungan terpelihara dengan baik. Hal ini menjelaskan terumbu karang tidak memerlukan campur tangan atau manipulasi langsung manusia untuk kelangsungan hidupnya (Dahuri, 2003).

Kondisi hidro oceanografi menjadi salah satu faktor penting dalam keberlangsungan hidup ekosistem terumbu karang antara lain salinitas, suhu permukaan laut, arus gelombang pasang surut, serta faktor meteorologis dan aktivitas manusia di darat seperti pembuangan sampah sembarangan atau pembuangan limbah juga dapat memberi pengaruh terhadap kondisi wilayah perairan laut dan ekosistem terumbu karang (Supriharyono, 2000).

Ketergantungan masyarakat pesisir dan pulau-pulau kecil yang sangat besar terhadap kualitas lingkungan hidup yang baik dan ketersediaan sumber daya alam mengharuskan konservasi lingkungan menjadi bagian yang tak terpisahkan dalam perencanaan pengolahannya. Sebagai upaya perlindungan, pelestarian, dan pemanfaatan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil serta ekosistemnya untuk menjamin keberadaan, ketersediaan, dan kesinambungan Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas

nilai dan keanekaragamannya (UU no.27 tahun 2014).

Padang lamun ialah salah satu ekosistem penting yang menunjang kehidupan beragam jenis makhluk hidup sekaligus lumbung protein bagi masyarakat. Namun ekosistem tersebut rentan terhadap ancaman kerusakan baik akibat manusia maupun alam, program pengolahan yang tepat harus menyesuaikan dengan perubahan kondisi yang terjadi di ekosistem baik berupa peningkatan maupun penurunan. Luasan padang lamun di Indonesia sebesar 150.693,16 ha yang dihitung pada wilayah barat 4.409,48 ha dan wilayah timur 146.283,68 ha (COREMAP-LIPI, 2017)

Ekosistem padang lamun mampu menyimpan separuh karbon yang terkubur didasar laut, diperkirakan mengikat sekitar 1.650 juta ton karbondioksida per tahun. Lamun memiliki daun, batang rhizoma dan akar, dimana akar dan rhizoma lamun juga menstabilkan sedimen dan mencegah erosi sedangkan daunnya menyaring sedimen tersuspensi dan nutrisi dari kolom air. Padang lamun sedemikian pentingnya sehingga terkait dengan habitat laut penting lainnya seperti terumbu karang, mangrove, estuari dan organisme lain (Mujizat, 2009).

Ada berbagai cara yang dapat diaplikasikan dalam memantau kondisi suatu ekosistem di pesisir, salah satunya dengan menggunakan kombinasi sistem informasi geografis dan penginderaan jauh. Data penginderaan jauh mampu menginterpretasikan habitat substrat perairan dangkal menggunakan citra melalui spektrum tampak yang memiliki julat antara 0,4 μ m hingga 0,7 μ m (Sutanto, 1986). Kemampuan dari teknologi ini untuk mengumpulkan data dalam wilayah kajian yang luas dan sulit dijangkau secara langsung dalam waktu singkat secara periodik akan membantu penyediaan informasi sumber daya kelautan (Eduardi, 2018).

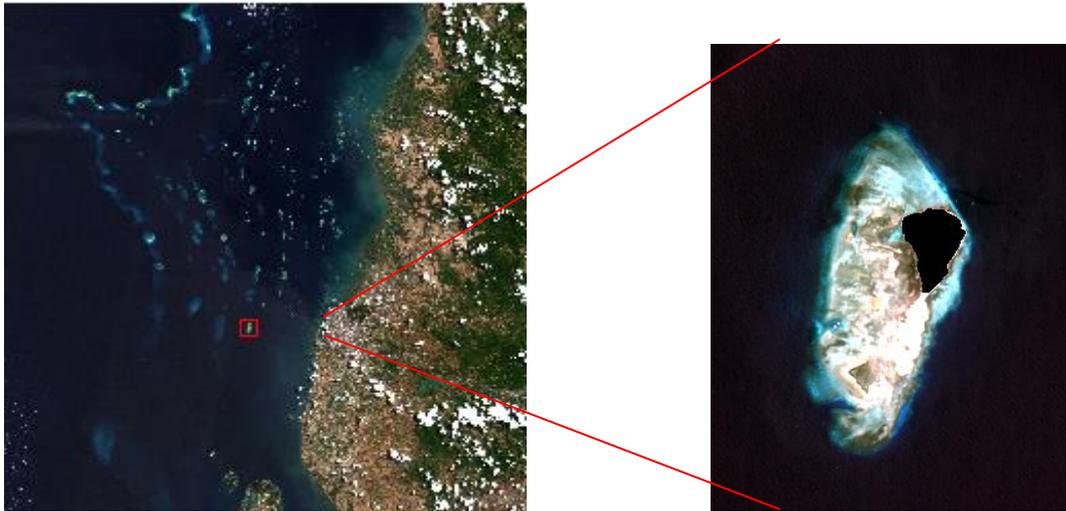
Pulau Kudingarenglembo dipilih sebagai daerah penelitian karena pulau ini memiliki keragaman ekosistem perairan dangkal yang menjadikan tingkat wisata bahari yang tinggi, sehingga memerlukan pengawasan dan pengelolaan yang tepat.

MATERI DAN METODE

Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan pada pulau Kudingarenglompo yang secara geografis berada pada koordinat 5°08'51"LS dan

119°16'01"BT. Data yang digunakan adalah citra Sentinel-2A perekaman 2 September 2018, yang diperoleh melalui situs USGS (United States Geological Survey) yaitu www.earthexplorer.usgs.gov. Proses pengolahan data menggunakan perangkat lunak Ms.excel, ArcGis, dan ENVI.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

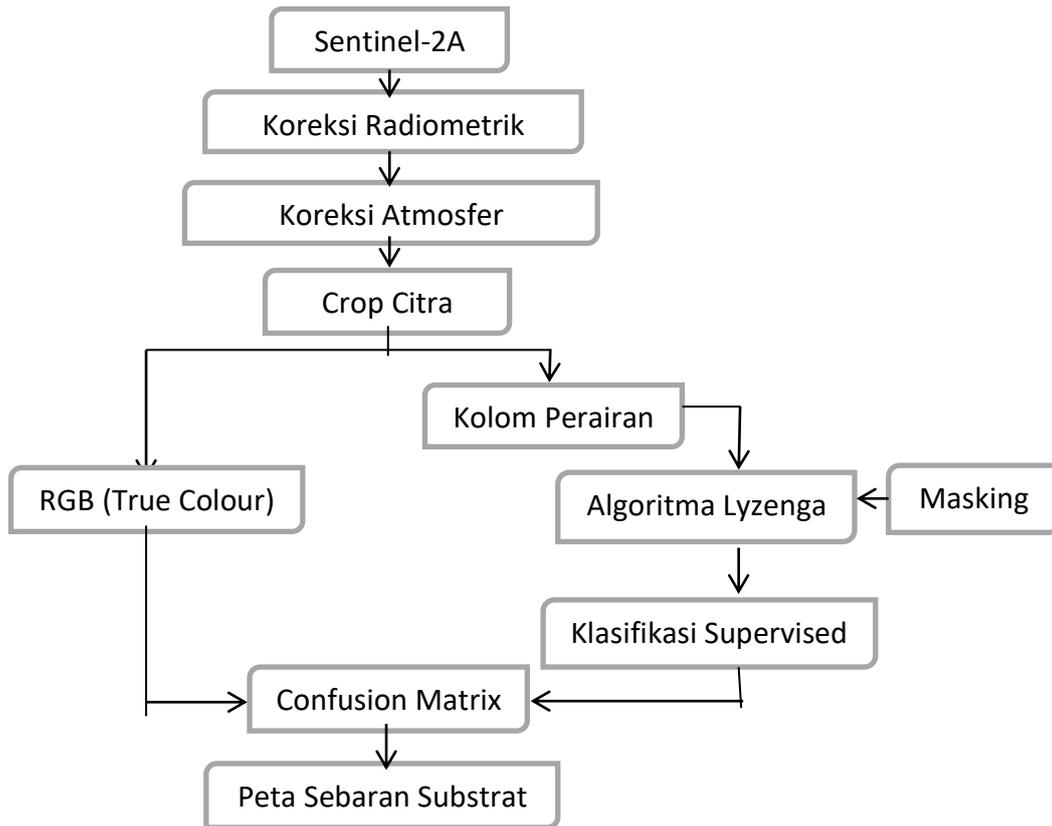
Tabel 1. Data dan Spesifikasi Citra

Penjelasan	Spesifikasi
Multi Spektral	Sentinel-2A
Resolusi Spasial	10 meter
Resolusi Temporal	5 hari
Perolehan Data	02 September 2018

Citra sentinel-2A terdapat 13 band spektral dengan pembagian untuk Vegetasi Red Edge memiliki empat band yang rinci dan pada Short-Wave-Infrared (SWIR) memiliki tiga band sedangkan kelas band yang lainnya memiliki fungsi yang berbeda-beda. Dimana untuk resolusi tertinggi terdapat pada empat band spektral dengan masing-masing resolusi 10m yaitu band 2-biru (490nm), band 3-green (560nm), band 4-red (665nm), dan band 8-

near infrared (842nm). Kemudian pada resolusi 20m terdapat enam band spektral yaitu band 5-vegetasi red edge (705nm), band 6-vegetasi red edge (740nm), band 7-vegetasi red edge (783nm), band 8A-vegetasi red edge (865nm), band 11-short wave infrared (1610nm), dan band 12-short wave infrared (2190nm). Serta resolusi 60m terdapat 3 band spektral yaitu band 1-coastal aerosol (443nm), band 9-water vapour (945nm), dan band 10-short wave infrared cirrus (1375nm).

Metode Penelitian



Gambar 2. Diagram Air Metode Penelitian

Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra akibat gangguan di atmosfer seperti hamburan awan atau hamburan objek lainnya. Metode pergeseran histogram dapat dilakukan dalam perbaikan koreksi radiometrik. Jika pengaruh atmosfer tidak ada, maka nilai digital (ND) pada liputan citra pasti ditemui nilai piksel dengan nilai nol (Chavez, et.al., 1977).

$$ND_{terkoreksi} = Nd_i - N_{min_i}(Bias_i).....(1)$$

Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer dilakukan untuk memperjelas kenampakan objek pada citra agar memudahkan mengenali objek saat interpretasi citra. Dimana koreksi atmosfer digunakan untuk menghilangkan kesalahan radiansi yang terekam oleh citra akibat hamburan atmosfer (*path radiance*). Proses koreksi menggunakan metode *Dark Object Subtraction* (DOS).

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L.....(2)$$

- L_{λ} = TOA spectral radiance (Watts/(m2 * srad * μ m))
- M_L = Band-specific multiplicative rescaling factor
- A_L = Band-specific additive rescaling factor
- Q_{cal} = Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)

Langkah kedua yang harus dilakukan adalah kalibrasi nilai radiansi menjadi nilai pantulan pada sensor, yaitu :

$$\rho_{\lambda} = \{(\rho_{max} - \rho_{min}) / (Q_{calmax} - Q_{calmin})\} * (Q_{cal} - Q_{calmin})..... (3)$$

- ρ_{λ} = Spectral reflectance (tanpa koreksi solar angle)
 - ρ_{MAXR} = Max Detected Reflectance Level
 - ρ_{MINR} = Min Detected Reflectance Level
 - Q_{CALMAX} = Max Pixel Value
 - Q_{CALMIN} = Min Pixel Value
 - Q_{CAL} = Digital Number
- Sumber : (Ardiansyah, 2015)

Langkah ketiga melakukan proses koreksi sunlight menggunakan formula dari (Mobley, 1994 dalam nurkhayati, 2016).

$$R_i' = R_i - b_i \times (RNIR - MinNIR) \dots \dots \dots (4)$$

R_i = Nilai pantulan masing – masing saluran
 B_i = Nilai gradien dari uji regresi
 RNIR = Nilai pantulan saluran inframerah dekat
 MinNIR = pantulan minimum saluran inframerah dekat

Crop & Masking Citra

Pemotongan citra/crop salah satu proses pengolahan citra yang digunakan untuk memperkecil daerah pengamatan suatu penelitian. Hal ini bertujuan untuk memperkecil kapasitas file serta mempercepat proses pengolahan dalam software yang digunakan bila dibandingkan pengolahan data satu scane penuh. Sedangkan masking merupakan pemisahan antara objek yang diamati dengan objek yang tidak diamati, hal ini bertujuan untuk membatasi area analisis citra, memberikan pemisahan antara daratan dan wilayah perairan. Jika tidak dipisahkan piksel citra yang berada didaratan akan mengganggu interpretasi pada proses berikutnya serta beberapa objek sulit dikenali karena beberapa nilai objek tertentu bernilai sama dengan piksel objek tertentu di perairan. Proses masking dilakukan manual dengan mendigit pada batas pinggir pantai dalam bentuk polygon.

Algoritma Lyzenga

Algoritma lyzenga dapat menyadap informasi material penutup dasar perairan berdasarkan kenyataan bahwa sinyal pantulan dasar mendekati fungsi linear dari pantulan dasar perairan dan menjadi fungsi eksponensial dari kedalaman. Hal ini membuat kemampuan radiasi elektromagnetik melakukan penetrasi kedalaman sangatlah penting ketika informasi tentang kondisi dan fenomena dibawah permukaan air. Pantulan dasar perairan tidak dapat diamati secara langsung pada citra satelit karena dipengaruhi oleh serapan dan hamburan pada lapisan permukaan air namun pengaruh ini dapat dihitung jika setiap titik

disuatu wilayah diketahui kedalaman dan karakteristik optis airnya (Lyzenga, 1987). Koreksi kolom air dapat mereduksi pengaruh efek kedalaman, pergerakan dan kekeruhan air, untuk meningkatkan informasi karakteristik dasar perairan dangkal (Lyzenga, 1987 dalam Guntur et al., 2012).

$$DII = \ln (R_{Bi}) - ((k_i/k_j) \times \ln (R_{Bj})) \dots \dots \dots (5)$$

DII = Depth Invariant Index
 R_{Bi} = Band dengan panjang gelombang pendek
 R_{Bj} = Band dengan panjang gelombang yang lebih panjang
 K_i/k_j = Rasio koefisien attenuasi saluran dibandingkan
 Sumber : (Guntur et al., 2012)

Algoritma transformasi ini menggunakan dua saluran citra untuk menghasilkan satu citra baru dalam menampakkan variasi tutupan dasar perairan, adapun saluran yang digunakan adalah saluran tampak biru-hijau, hijau-merah, dan biru-merah.

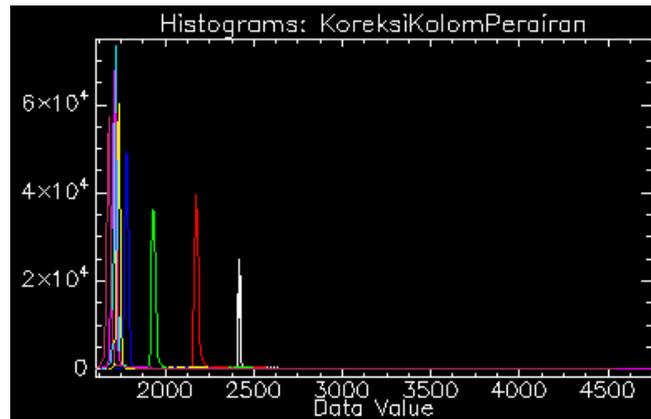
Klasifikasi Terbimbing (Supervised)

Klasifikasi ini digunakan untuk melihat hasil klasifikasi pada interpretasi proses lyzenga sehingga perlu dilakukan proses training ulang klasifikasi kembali dengan kunci interpretasi yang ada sebelumnya, supaya menghasilkan kelas substrat yang sesuai dengan keadaan lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koreksi kolom perairan

Koreksi kolom air dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra dengan mengurangi gangguan yang berada di kolom air, dasar asumsi tersebut adalah sinar yang masuk ke dalam kolom air berkurang secara eksponensial dengan semakin bertambahnya kedalaman. Kemampuan sensor citra dalam menembus perairan juga harus diperhatikan hal ini semakin rendahnya kurva pantulan spektral objek perairan dari suatu panjang gelombang maka rendah pula kemampuan dalam menembus perairan.



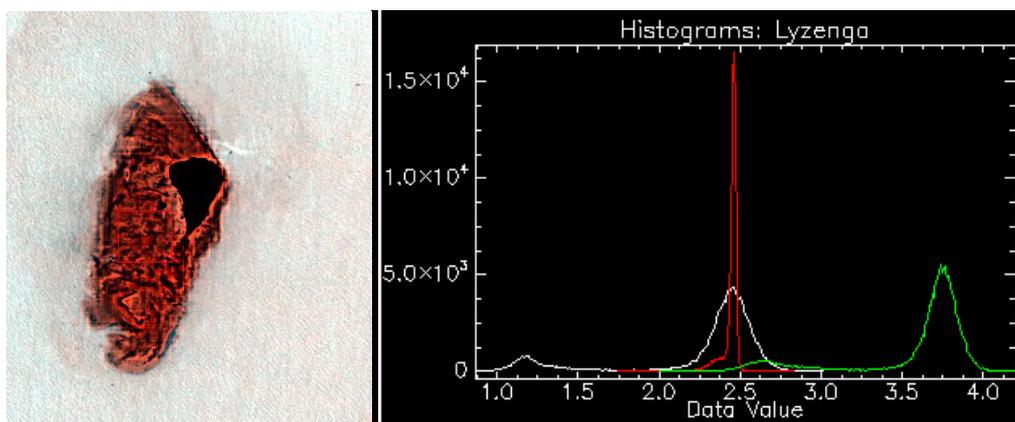
Gambar 3. Grafik histogram koreksi kolom perairan

Dari gambar grafik diatas menampilkan bahwa panjang gelombang menurun sampai band 4, maka hal ini dapat membedakan klasifikasi citra dan daratan dengan cukup jelas. Kondisi kedalaman yang berbeda mengakibatkan objek yang sama bisa saja memiliki nilai pantulan yang berbeda, sehingga ketika akan memberikan informasi objek akan sangat kemungkinan terjadi kesalahan.

Algoritma Lyzenga

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode yang dikembangkan

oleh Lyzenga (1978) dengan maksud untuk mengurangi efek kedalaman, pergerakan air, kekeruhan air, sehingga informasi objek-objek yang berada di dasar perairan dangkal dapat diketahui. Wilayah pulau Kudingarenglompo merupakan salah satu pulau yang secara administrasi berada dikota Makassar, Sulawesi Selatan. Berikut hasil akhir dari proses pengolan algoritma lyzenga yang juga lanjutan dari analisis kolom perairan.



Gambar 4. (a)Kenampakan hasil algoritma lyzenga (b) Histogram Lyzenga

Gambar 3 menunjukkan bahwa algoritma lyzenga mampu membedakan substrat perairan dangkal dengan baik dan jelas, keberadaan band merah dalam menampilkan kenampakan lebih dominan sesuai dengan

keterangan dari histogram. Keberadaan padang lamun paling mendominasi di Pulau Kudingarenglompo, diikuti dengan karang dan pecahan karang (rubbel).

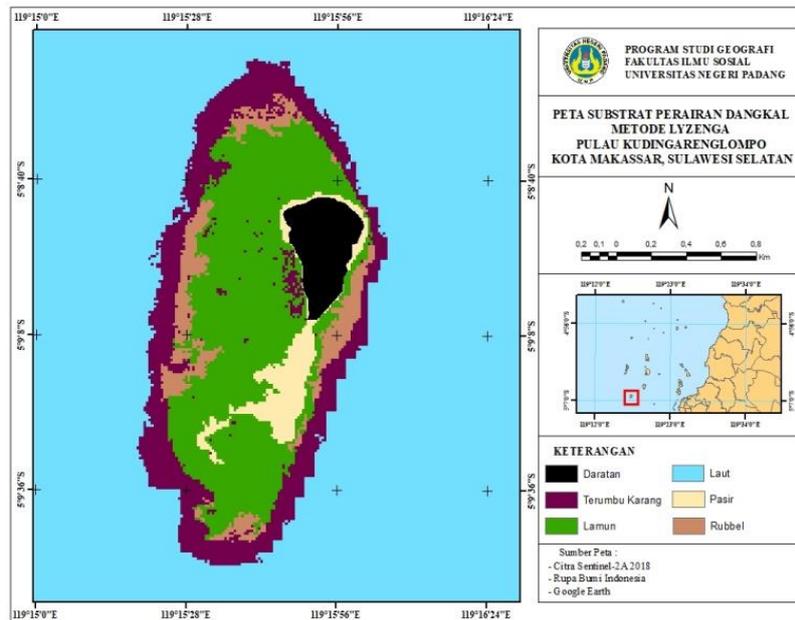
Tabel 2. Luas klasifikasi substrat perairan Pulau Kudingarenglompo

Klasifikasi Substrat	Luas (Ha)
Lamun	122
Pasir	18
Rubbel	27
Terumbu Karang	77
Daratan	14

Sumber : Hasil pengolahan data 2018

Pulau Kudingareng Lompo yang berjarak 15 km dari Kota Makassar yang memiliki luas wilayah 14 ha dan dikelilingi oleh kawasan perairan dangkal yang menjadikan pulau ini sebagai salah satu pulau dengan ekosistem padang lamun terbesar di Sulawesi yang diikuti oleh pulau-pulau lainnya. Luas wilayah daratan yang dimiliki hanya 5.43% dari total luasan perairan dangkal di pulau tersebut.

Hasil klasifikasi menggunakan citra Sentinel-2A dengan rumus algoritma lyzenga dikelompokkan menjadi lima kelas substrat yaitu padang lamun yang memiliki luas 122 Ha, kemudian pasir dengan luas 18 Ha, selanjutnya rubbel dengan luas 27 Ha, terumbu karang dengan luas 77 Ha. Dan daratan dengan luas 14 Ha serta hasil total keseluruhan mencapai 258 Ha.



Gambar 5. Peta Substrat Perairan Dangkal

Padang lamun dapat dimanfaatkan sebagai tempat kegiatan marikultur berbagai jenis ikan, kerang-kerangan dan tiram, juga sebagai tempat rekreasi atau pariwisata. Selain itu padang lamun juga sebagai tempat berlindung, mencari makan, tumbuh besar, dan memijah bagi beberapa jenis biota laut, terutama yang melewati masa dewasanya di

lingkungan ini. Padang lamun juga mampu mengikat sedimen dan menstabilkan substrat yang lunak, dengan sistem perakaran yang padat dan saling menyilang, sehingga keberadaannya memiliki berbagai manfaat bagi biota maupun lingkungan sekitarnya (G, Dietrich et al., 2001).

Uji Akurasi

Pengujian akurasi hasil pengolahan citra perlu dilakukan agar informasi yang didapatkan menjadi akurat dan bisa dijadikan referensi. Secara keseluruhan, akurasi dari proses olahan lyzenga dan klasifikasi terbimbing menggunakan citra sentinel-2A adalah sebesar 87,60% dengan nilai indeks kappa 0,8450. Hasil uji akurasi tersebut termasuk memenuhi standar nilai uji akurasi >70% (Purwadi, 2001). Nilai tersebut didapat melalui pengambil 50 titik sampel setiap kelas substrat dengan random sampling namun tetap memperhatikan keragaman dan persebaran objek.

Tabel 3. Karbon stok ekosistem lamun

Biomassa bagian atas	Biomassa bagian bawah	Sedimen
0.06 mgC/ha	0.14 mgC/ha	309.68 mgC/ha

Sumber: kementerian kelautan dan perikanan 2015

Penghitungan biomassa dan penyerapan karbon menggunakan panduan penghitungan faktor emisi karbon yang dikeluarkan oleh Howard *et al.*, (2015) tentang penghitungan stok karbon yang mana data yang digunakan adalah berdasarkan data nasional atau lokal daerah penelitian. Dalam penelitian ini data yang dipakai adalah data kandungan karbon dari kementerian kelautan dan perikanan untuk ekosistem lamun. Luas ekosistem lamun di Pulau Kudingareng Lompo yang dipakai sebagai dasar dalam penelitian ini adalah 122 ha.

Estimasi biomassa karbon:

C = Luas area lamun x nilai stok karbon

➤ Estimasi biomassa bagian atas Pulau Kudingareng Lompo:

$$C = 122 \text{ ha} \times 0.06 \text{ mgC/ha} \\ = 7.32 \text{ mg C}$$

➤ Estimasi biomassa bagian bawah Pulau Kudingareng Lompo:

$$C = 122 \text{ ha} \times 0.14 \text{ mgC/ha} \\ = 17.08 \text{ mg C}$$

➤ Estimasi biomassa sedimen Pulau Kudingareng Lompo:

$$C = 122 \text{ ha} \times 309.68 \text{ mgC/ha}$$

Kemampuan Menyimpan Karbon

Hasil penyerapan karbon oleh lamun pada proses fotosintesis disimpan atau dialirkan ke beberapa kompartemen, salah satunya adalah dalam bentuk biomassa, baik di atas maupun di bawah substrat. Penyimpanan karbon pada biomassa, terutama bagian bawah substrat membuat peran lamun bertambah penting karena akan tersimpan dalam jangka waktu yang lama (Kiswara & Ulumuddin, 2009).

$$= 37,780.96 \text{ mg C}$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa total biomassa karbon yang ada pada ekosistem lamun di Pulau Kudingareng Lompo ialah 37,805.36 mgC yang terdiri dari biomassa bagian atas sebesar 7.32 mgC, biomassa bagian bawah sebesar 17.08 mgC dan biomassa sedimen sebesar 37,780.96 mgC.

Selanjutnya untuk menghitung jumlah potensi CO2 yang dapat disimpan oleh padang lamun dihitung, dengan mengalikan berat jumlah C dalam berat kering lamun dan dikalikan dengan 3,67 (berat molekul CO2 untuk beralih nilai karbon dengan nilai CO2).

$$CO_2 = \% C \times 3.67 \\ = 37,805.36 \text{ mgC} \times 3.67 \\ = 138,745.67 \text{ mg CO}_2$$

Total penyimpanan karbon yang dapat dilakukan oleh ekosistem padang lamun di Pulau Kudingareng Lompo adalah 138,745.67 mg CO2 atau setara dengan 0.0153 ton CO2/tahun. Akumulasi karbon di dalam padang lamun diperoleh secara langsung dari fiksasi karbon (fotosintesis) berlebih, sebagian dialokasikan secara langsung ke dalam sedimen sebagai rimpang dan akar (Duarte & Cebrián, 1996). Sementara itu, karbon organik

secara tidak langsung diperoleh dari filtrasi partikel pada kolom air oleh kanopi lamun yang ditambahkan ke dalam sedimen (Hendriks et al., 2008).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Klasifikasi substrat di Pulau Kudingarenglombo menunjukkan ekosistem lamun yang lebih dominan 122 ha dengan persebaran hampir menutupi seluruh perairan dangkal pulau dan terumbu karang 77 ha memiliki persebaran dipinggir perairan dangkal yang berbatasan dengan laut dalam, rubble tersebar dikarenakan terbawa air menjadikan persebarannya cukup luas yang berasal dari sekitar terumbu karang, sedangkan pasir dipengaruhi gelombang membawa butiran pasir keperairan dangkal maupun membawa dari dasar perairan menuju tepi pantai. Total penyimpanan karbon yang dapat dilakukan oleh ekosistem padang lamun di Pulau Kudingareng Lombo adalah 138,745.67 mg CO₂/tahun.

Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran dapat diajukan antara lain sebagai berikut :

- 5.1 Pemetaan mengenai ekosistem perairan laut dangkal sangat minim, oleh sebab itu dibutuhkan ketanggapan dalam melakukan pemetaan ini, karena degradasi lahan mangrove, lamun dan karang sangat tinggi.
- 5.2 Pengolahan citra digital resolusi tinggi dapat mempercepat pemetaan inventarisasi ekosistem perairan laut dangkal tersebut.
- 5.3 Semoga dengan adanya penelitian ini dapat menjadi salah satu rujukan dalam melakukan pemetaan ekosistem laut dangkal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Adenan Yondra Nofrizal,S.Si, Ahkmad Eduardi,S.Si, Muhammad Hanif,S.Si yang telah memberikan ilmu pengetahuan mengenai sistem informasi geografis dan penginderaan jauh serta rekan-

rekan dan senior yang tergabung didalam Community Of Geospatial Science and Techology (CGST) yang selalu memberikan support dan masukkan kepada penulis dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah. (2015). *Pengolahan Citra Penginderaan Jauh Menggunakan ENVI 5.1 dan ENVI Lidar (Teori dan Praktek)*. PT. LABSIG INDERAJA ISLIM, Jakarta.
- Bengen, G Dirtriech. (2001). Ekosistem dan Sumberdaya Pesisir dan Laut Serta Pengelolaan Secara Terpadu dan Berkelanjutan. *Prosiding pelatihan pengelolaan wilayah pesisir terpadu*. Hal 28-55.
- Chaves, et al., (1977). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Elsevier*, 24
- Dahuri, R. (2003). *Keanekaragaman Hayati Laut, Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Duarte, C. M., & Cebrián, J. (1996). The fate of marine autotrophic production. *Limnology and Oceanography*, 41(8), 1758-1766.
- Eduardi, Ahkmad, dkk. (2018). Pemanfaatan Citra Sentinel-2A Untuk Klasifikasi Substrat Perairan Dangkal di Pulau Siburu, Silabok Dan Pototoga, Kabupaten Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat.
- Eko, Udhi, dkk. (2017). *Status Padang Lamun Indonesia 2017*. Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI.
- Giyanto, dkk. (2017). *Status Terumbu Karang Indonesia 2017*. Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI.
- Guntur, Dita Prasteyo, Wawan. (2012). *Pemetaan Terumbu Karang*. Ghalia Indonesia : Bogor.
- Hendriks, I. E., T. Sintes, T. J. Bouma & C. M. Hendriks, I. E., Sintes, T., Bouma, T. J., & Duarte, C. M. (2008). Experimental assessment and modeling evaluation of the effects of the seagrass *Posidonia oceanica* on flow and particle trapping. *Marine Ecology Progress Series*, 356, 163-173.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., Pidgeon, E. (eds.) (2014). Coastal Blue Carbon: Methods for Assessing Carbon Stocks and Emissions Factors in Mangroves, Tidal Salt Marshes, and Seagrasses. *Conservation International, Intergovernmental Oceanographic*

- Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA.
- Kawaroe, Mujizat. (2009). *Perspektif Lamun Sebagai Blue Carbon Sink di Laut*.
- Kiswara, W., & Ulumuddin, Y. I. (2009). Peran vegetasi pantai dalam siklus karbon global: mangrove dan lamun sebagai rosot karbon. In *Workshop Ocean and climate change. Laut sebagai pengendali perubahan iklim: peran laut Indonesia dalam mereduksi percepatan proses pemanasan global. Bogor* (Vol.4). PKSPL IPB, Kementerian Koor. Bidang Kesra dan BRKP.
- Nurkhayati, R., & Manik, H. M. (2016). GIS Untuk Integrasi Interpretasi Substrat Dasar Perairan menggunakan Pengolahan Citra ALOS-AVNIR dan Side Scan Sonar. *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, 8(1), 25.
- Purwadhi, F.S.H. (2001). *Interpretasi Citra Digital*. PT. Grasindo:Jakarta
- Rustam, agustin dkk. (2015). *BLUE CARBON: program inisiatif blue carbon Indonesia kepulauan derawan-berau, Kalimantan timur*. Pusat penelitian dan pengembangan sumberdaya laut dan pesisir: Jakarta utara ISBN: 978-602-9086-44-7
- Supriharyono, (2000). *Pelestarian dan Pengolahan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sutanto. (1986). *Penginderaan Jauh Jilid I*. Gajah Mada University:Yogyakarta
- UU no.27 tahun 2014 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil