



ARTIKEL RISET

# Perubahan tutupan dan pemanfaatan lahan di Pulau Kaledupa, Taman Nasional Wakatobi, Sulawesi Tenggara

Al Azhar<sup>1\*</sup>, Ari Anggoro<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Departemen Perikanan, Balai Pengembangan Penjaminan Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Kelautan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (BPPMPV KPTK), Jl. Diklat No. 30, Pattallassang, Gowa, Sulawesi Selatan 92172.

<sup>2</sup> Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Kec. Muara Bangka Hulu, Bengkulu 38371.

<sup>3</sup> Lestari Alam Laut untuk Negeri (LATUN), Jl. Bencoolen, Tapak Paderi, Kec. Teluk Segara, Bengkulu 38116.

## Abstrak

Tujuan studi ini adalah mendeteksi LULCC (*land use land cover change*) di daratan pulau Kaledupa dari tahun 2002 sampai 2016, melihat pola LULCC berdasarkan ruang di setiap tingkatan teras pulau, dan menilai tingkat heterogenitas spasial di Pulau Kaledupa. Data citra yang digunakan adalah Landsat 7ETM+ 25 Oktober 2002, Landsat 5TM 06 Februari 2009, dan Landsat 8 OLI 05 September 2016. Pra pengolahan citra mengacu kepada Ardiansyah (2015), dilanjutkan *Maximum Likelihood Classification* (MLC) dengan menggunakan perangkat lunak ENVI 5.1. Model sederhana pulau (MSP) diterapkan untuk mendukung identifikasi LULC dan perubahannya pada setiap tingkatan teras terumbu Pulau Kaledupa menggunakan *ArcMap 10* dan *Microsoft Excel*. Analisis heterogenitas dan konektivitas spasial menggunakan *software Fragstats v.4.2.1*. LULCC Pulau Kaledupa dari tahun 2002 hingga 2016 adalah hutan campuran terus mengalami peningkatan dari 3.132,64 ha menjadi 5.057,36; luas area pemukiman juga naik dari 246,87 ha menjadi 327,27 ha; sedangkan lahan terbuka terus menurun dari 4.462,55 ha menjadi 2.419,83 ha. Pemukiman penduduk menjadi salah satu pendorong LULCC di Pulau Kaledupa baik di daratan maupun di laut (1,26% tahun 2002 dan 1,69% tahun 2016). Heterogenitas spasial, mengalami fragmentasi dan perubahan yang cukup bervariasi. Kondisi tersebut mempengaruhi konektivitas spasial LULC. Pada metrik kelas, secara fungsi, penurunan nilai konektivitas (CONNECT) berkisar dari -0,07 hingga -2,36%, sedangkan secara struktur (COHESION) berkurang antara -1,78 hingga -2,36. Sementara itu, pada metrik lanskap, CONNECT memiliki penurunan nilai sebesar -0,35 dan COHESION -0,08.

Diterima 24/01/2023  
Direview 04/02/2023  
Disetujui 27/04/2023

\*Korespondensi:  
Al Azhar, email:  
adlyazhar@gmail.com

**Konflik kepentingan:** Penulis menyampaikan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan.

**Catatan Editor:** Jurnal Oase Nusantara bersikap netral berkaitan dengan konflik atau klaim informasi dan data yang digunakan dalam setiap artikel yang diterbitkan, termasuk yurisdiksi dan afiliasi institusi.

*Distributed under creative commons CC-BY 4.0*

**OPEN ACCESS**

**Kata kunci:** citra Landsat, citra multispektral, konektivitas spasial, heterogenitas spasial, pulau kecil.

## Pendahuluan

Pulau kecil memiliki karakteristik berbeda dengan pulau besar (*main islands*). Pulau kecil selalu identik dengan luas daratan yang sempit dan keterbatasan sumberdaya alam (Kerr 2005; Tzanopoulos dan Vogiatzakis 2011). Pemenuhan kebutuhan hidup masyarakat yang tinggal di pulau dari waktu ke waktu menuntut pemanfaatan sumberdaya alam di laut maupun di darat. Dengan demikian, tutupan lahan dan penggunaan lahan di pulau atau yang lazim dikenal *land use land cover* (LULC) akan mengalami perubahan (*change*). LULC merupakan *interface* antara aktifitas manusia dan lingkungan (Silva *et al.* 2018). Perubahan LULC (LULCC) yang disebabkan manusia atau secara alami dapat

mempengaruhi perubahan ekosistem terrestrial (Houghton 1994; Halmy *et al.* 2015; Haque dan Basak 2017), biodiversitas dan lanskap ekologi (Reid *et al.* 2000). LULCC mencerminkan dampak manusia terhadap lingkungan pada berbagai skala waktu dan ruang (López *et al.* 2006; Haque dan Basak 2017). Hegazy dan Kaloop (2015) mengatakan LULCC telah direviu dari perspektif berbeda untuk mengidentifikasi faktor pendorong perubahan, proses, dan konsekuensinya.

Dampak LULCC terhadap keberlanjutan ekosistem menjadi issue penting dan berkembang saat ini untuk penelitian perubahan global (Islam *et al.* 2018). Peningkatan jumlah penduduk memberikan tekanan terhadap sumberdaya alam yang terbatas dan menjadi salah satu faktor yang berkontribusi LULCC (Islam *et al.* 2018). Urban memainkan peran yang sangat penting dalam transformasi sosial dan fenomena ekonomi pada skala dan tingkatan tertentu (Bhat *et al.* 2017), serta memberikan kemungkinan penurunan keseimbangan sumber daya alam (Mosammam *et al.* 2017) dan dapat mempengaruhi pasokan makanan di pulau. Begitu pula Rawat *et al.* (2013) dan Kaliraj *et al.* (2017) mengatakan pertumbuhan penduduk yang cepat, migrasi penduduk, dan aktifitas wisata berdampak pada LULCC. Hal ini tidak saja terjadi pada daerah tanpa perlindungan sumberdaya alam tetapi juga dapat dialami oleh kawasan konservasi (Scharsich *et al.* 2017), salah satu contoh adalah kawasan konservasi Taman Nasional Wakatobi (TNW) (Azhar *et al.*, 2018).

TNW menjadi daerah otonomi Kabupaten Wakatobi tahun 2003 tentunya banyak mengalami perubahan, perkembangan infrastruktur yang memberikan pengaruh LULCC, termasuk di Pulau Kaledupa. Berdasarkan data BPS Wakatobi tahun 2017 bahwa penduduk Wakatobi pada tahun 2000 sebanyak 89.972 orang meningkat menjadi 95.209 jiwa pada tahun 2016 atau 327 orang/tahun. Semakin banyak jumlah penduduk, semakin mempengaruhi LULCC. Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Wakatobi Tahun 2012-2032, pengembangan Pulau Kaledupa diarahkan menjadi kawasan dengan berbagai pemanfaatan (hutan rakyat, kawasan pertanian tanaman pangan, perkebunan, peternakan, perikanan dan kawasan pengolahan ikan, pertambangan dan industri, pariwisata, serta pemukiman perkotaan dan pedesaan). Hal ini tentu dapat mengeksploitasi sumberdaya alam dan kawasan daratan pulau. Menurut Jones *et al.* (2009), LULCC di sekitar zona perlindungan dapat mempengaruhi sumberdaya alam dan fungsi ekologi. Keseimbangan yang tepat antara tujuan konservasi di kawasan lindung dan pengembangan daerah sekitarnya untuk meningkatkan kesejahteraan manusia, termasuk pemukiman adalah masalah sosial inti. Oleh karena itu, pemantauan LULCC di kawasan lindung khususnya di Pulau Kaledupa perlu dilakukan untuk membandingkan keadaan sebelum adanya otonomi daerah Kabupaten Wakatobi (tahun 2002) dan kondisi terbaru tahun 2016.

Pemantauan LULCC dapat dilakukan dengan bantuan penginderaan jauh yang menyediakan sumber data yang berharga (Scharsich *et al.* 2017). Khusus untuk mengamati daerah yang besar, heterogen atau tidak terjangkau, data penginderaan jauh adalah pilihan yang baik. Citra satelit merupakan alat utama untuk menyimpulkan LULCC dan perkembangan di berbagai lanskap. Tujuan dari studi ini meliputi melakukan klasifikasi LULC dan mendeteksi perubahan LULC di daratan pulau Kaledupa dari tahun 2002 sampai 2016; melihat pola LULCC berdasarkan ruang di setiap tingkatan teras Pulau Kaledupa; dan menilai tingkat heterogenitas spasial di Pulau Kaledupa.

## Metode Penelitian

### Pengumpulan data

Data citra yang digunakan untuk melakukan klasifikasi dan mendeteksi perubahan LULC di daratan Pulau Kaledupa adalah Landsat 7ETM+ 25 Oktober 2002, Landsat 5TM 06

Februari 2009, dan Landsat 8 OLI 05 September 2016. Tiga seri citra ini diunduh dari *US Geological Survey (USGS) Earth Explorer website*. Selain itu data citra pendukung untuk klasifikasi LULC digunakan Worldview 2 perekaman 7 September 2013. Resolusi spasial citra ini sangat tinggi yaitu 0,46 m untuk band *panchromatic* (450-800 μm) dan 1,84 m untuk band multispektral. Multispektral citra ini terdiri atas 8 band, sehingga sangat baik untuk keperluan analisis spasial sumberdaya alam dan lingkungan hidup. Band multispektral citra worldview 2 terdiri atas *Coastal* (400-450 μm), *Blue* (450-510 μm), *Green* (510-580 μm), *Yellow* (585-625 μm), *Red* (630-690 μm), *Red Edge* (705-745 μm), *Near IR1* (770-895 μm), dan *Near IR2* (860-1040 μm).

**Pra pengolahan citra**

Pra pengolahan merupakan proses awal yang harus dilakukan sebelum melakukan klasifikasi citra. Penelitian ini pra pengolahan citra mengacu kepada Ardiansyah (2015) yang terdiri atas kalibrasi dan koreksi. Kalibrasi merupakan proses transformasi nilai pixel untuk mendapatkan nilai spektral radian dan reflektan. Menurut Ardiansyah (2015) spektral radian adalah jumlah energi/flux yang diradiasikan oleh objek di muka bumi per unit luasan pada sudut tertentu. Nilai dari spektral radian ini adalah Watts/m<sup>2</sup>\*srad\*μm. Sedangkan reflektan adalah persentase energi yang dipantulkan objek dari total energi yang diterima objek per satuan luas. Nilai reflektan biasanya diukur berdasarkan persentase (%). Kalibrasi Landsat 8 OLI ke dalam nilai reflektan (*Top of Atmosfer/TOA*) menurut Ardiansyah (2015) digunakan rumus 1 sebagai berikut:

$$\rho\lambda' = MpQcal + Ap..... (1)$$

keterangan:

- $\rho\lambda'$  = reflektanse TOA yang belum terkoreksi sudut matahari
- $Mp$  = faktor skala (*band-specific multiplicative rescaling factor*)
- $Ap$  = faktor penambah (*band-specific additive rescaling factor*)
- $Qcal$  = nilai pixel (*digital number/DN*)

Sedangkan untuk merubah DN menjadi spektral radian Landsat 8 OLI digunakan rumus 2 sebagai berikut:

$$L\lambda = M_L Qcal + A_L ..... (2)$$

keterangan:

- $L\lambda$  = spektral radian
- $M_L$  = faktor skala (*radiance multiplicative rescaling factor*)
- $Ap$  = faktor penambah (*radiance additive rescaling factor*)
- $Qcal$  = nilai pixel (*digital number/DN*)

Proses berikutnya selain kalibrasi radiometrik adalah koreksi radiometrik. Tahapan ini sangat penting dilakukan untuk perbaikan kualitas citra (Ardiansyah 2015). Distorsi sangat dimungkinkan terjadi ketika satelit merekam objek di bumi yang disebabkan oleh gangguan atmosfer. Dalam penelitian ini koreksi radiometrik digunakan dengan *Atmospheric Correction Module, Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Hypercubes* (FLAASH). Koreksi awan tipis (*cirrus*) tidak dilakukan karena pada area studi tidak tertutup oleh awan tipis. Kalibrasi dan koreksi radiometrik ini dioperasikan pada software ENVI 5.1.

**Klasifikasi citra dan deteksi perubahan**

Klasifikasi merupakan proses pengolahan citra dengan cara mengelompokkan pixel-pixel kedalam sejumlah kelas, sehingga setiap kelas memiliki pola distribusi spasial yang unik dan spesifik yang mencerminkan suatu obyek yang bermanfaat sesuai dengan keperluan (Ardiansyah 2015). Klasifikasi terbimbing yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Maximum Likelihood Classification* (MLC) dengan menggunakan perangkat lunak ENVI 5.1. MLC ini merupakan algoritma klasifikasi parametrik yang banyak diadopsi dan digunakan oleh banyak ahli penginderaan jauh (Thakkar *et al.* 2017). Metode ini telah secara luas digunakan untuk klasifikasi LULC di seluruh dunia (Rawat dan Kumar 2015; El-Hattab 2016; Pullanikkatil *et al.* 2016). Klasifikasi ini diterapkan pada tiga seri citra Landsat 7ETM+, Landsat 5TM, dan Landsat 8 OLI. LULC di daratan Pulau Kaledupa diklasifikasikan dengan sistem klasifikasi yang diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional, Indonesia (BSN) tentang Standar Nasional Indonesia (Lampiran B SNI 7645:2010) dengan skala 1:250 000 (BSN 2010) dan *Food and Agriculture Organization* (FAO) tentang Sistem Klasifikasi Tutupan Lahan (FAO 1998) (Tabel 1). Klasifikasi khusus mangrove menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Ini dilakukan untuk mengestimasi karakteristik kanopi vegetasi mangrove (Maryantika and Lin, 2017). Pada studi ini, klasifikasi mangrove classes dibedakan menjadi rendah <50%; sedang 51-75%, padat >75%), berdasarkan standar kerusakan hutan mangrove mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 201 (2014). Sementara itu, untuk klasifikasi habitat perairan dangkal mengacu pada hasil studi Azhar *et al.* (2018).

Peta LULC yang dihasilkan pada setiap seri citra ini kemudian dilakukan *post-classification* dengan mendeteksi perubahan LULC. Teknik *post-classification* digunakan perangkat lunak ArcMap 10.3. Analisis perubahan yang terdeteksi adalah ukuran ruang yang berbeda dan informasi perubahan tematik yang dapat mengarah ke pembedaan yang lebih nyata terhadap LULC (Ahmad 2012). Analisis perubahan fitur permukaan Bumi sangat penting untuk pemahaman yang lebih baik tentang interaksi dan hubungan antara aktivitas manusia dan fenomena alam.

**Tabel 1.** Klasifikasi *land use land cover* (LULC) di daratan Pulau Kaledupa, Sulawesi Tenggara.

No.	Klasifikasi penutupan dan penggunaan lahan	Deskripsi
1	Area Pemukiman	Area atau lahan yang digunakan sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung kehidupan.
2	Hutan Campuran	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi yang beraneka ragam.
3	Lahan Terbuka	Lahan tanpa tutupan lahan baik yang bersifat alamiah, semi alamiah, maupun artifisial. Menurut karakteristik permukaannya, lahan terbuka dapat dibedakan menjadi <i>consolidated</i> dan <i>unconsolidated surface</i> .

**Perubahan LULC daratan dan laut Pulau Kaledupa berdasarkan MSP**

Model Sederhana Pulau (MSP) menjelaskan distribusi spasial sumberdaya alam, pemukiman penduduk, dan pemanfaatan lahan lain yang diturunkan dari topografi atau ketinggian pulau. Secara umum, pemukiman dan penggunaan lahan yang lebih intensif

terutama terkonsentrasi di zona pantai datar dan biasanya saling berhubungan dengan jalan melingkar utama. Sebaliknya, penggunaan lahan yang luas (misalnya kawasan alami dan semi-alami) cenderung meningkat dengan jarak yang jauh dari pantai.

MSP diadaptasi dan diterapkan ke Pulau Kaledupa untuk mendukung identifikasi LULC dan perubahannya pada setiap tingkatan teras terumbu. Analisis yang digunakan dengan bantuan ArcMap 10 dan Microsoft Excel. Untuk memudahkan mengetahui perubahan LULC Pulau Kaledupa, maka kondisi DEM pulau dikategorikan menjadi 5 kelas teras terumbu kemudian dilakukan overlay terhadap LULC yang dihasilkan dari klasifikasi citra Landsat tahun 2002 dan 2016. Langkah ini mempermudah identifikasi LULC setiap kelas teras terumbu Pulau Kaledupa (Azhar et al., 2020) dan menghitung berapa besar perubahan yang terjadi selama 14 tahun (Tahun 2002 sampai 2016).

**Analisis Heterogenitas**

Analisis heterogenitas dan konektivitas spasial dalam penelitian ini menggunakan *software Fragstats v.4.2.1*. Input data spasial adalah LULC berdasarkan model sederhana pulau (5 tingkatan teras terumbu) yang teruraikan menjadi LULC daratan pulau (hasil klasifikasi terbimbing MLC), tutupan mangrove (hasil analisis NDVI), dan SWMH (hasil klasifikasi terbimbing *Mahalanobis*). Persiapan data input *Fragstats* dilakukan dengan bantuan ArcMap 10. LULC yang terdapat di dalam daerah kajian disatukan menjadi 1 layer untuk tahun 2002 dan 1 layer untuk tahun 2016. Data vector kemudian dirubah menjadi data raster (.img). Selain itu, dibuat juga kategori legenda atau data LULC yang akan dianalisis dalam bentuk data text (\*.txt). Setelah semua data disiapkan, perhitungan heterogenitas dan konektivitas spasial dilakukan dengan perangkat lunak *Fragstats*.

Analisis spasial menggunakan *Fragstats* mencakup enam kelas metrik dan sembilan lanskap metrik, yaitu Rataan (MN/*mean*), Rataan Area Terbobot (AM/*Area-Weighted Mean*), Nilai Tengah (MD/*Median*), Kisaran (RA/*Range*), Standar Deviasi (SD/*Standard Deviation*), Koefisien Variasi (CV/*Coefficient of Variation*), Persentase Lanskap (PLAND/*Percentage of landscape*), Indeks Bidang Ruang Terbesar (LPI/*Largest Patch Index*), Kepadatan Tepi (ED/*Edge Density*), Indeks Konektivitas (CONNECT/*Connectance Index*), Indeks Kohesi/Kepaduan Bidang Ruang (COHESION/*Patch Cohesion Index*), Indeks Keanekaragaman Shannon (SHDI/*Shannon’s Diversity Index*), Indeks Keanekaragaman Simpson (SIDI/*Simpson’s Diversity Index*), Indeks Kesamaan Shannon (SHEI/*Shannon’s Evenness Index*), dan Indeks Kesamaan Simpson (SIEI/*Simpson’s Evenness Index*).

**Hasil dan Pembahasan**

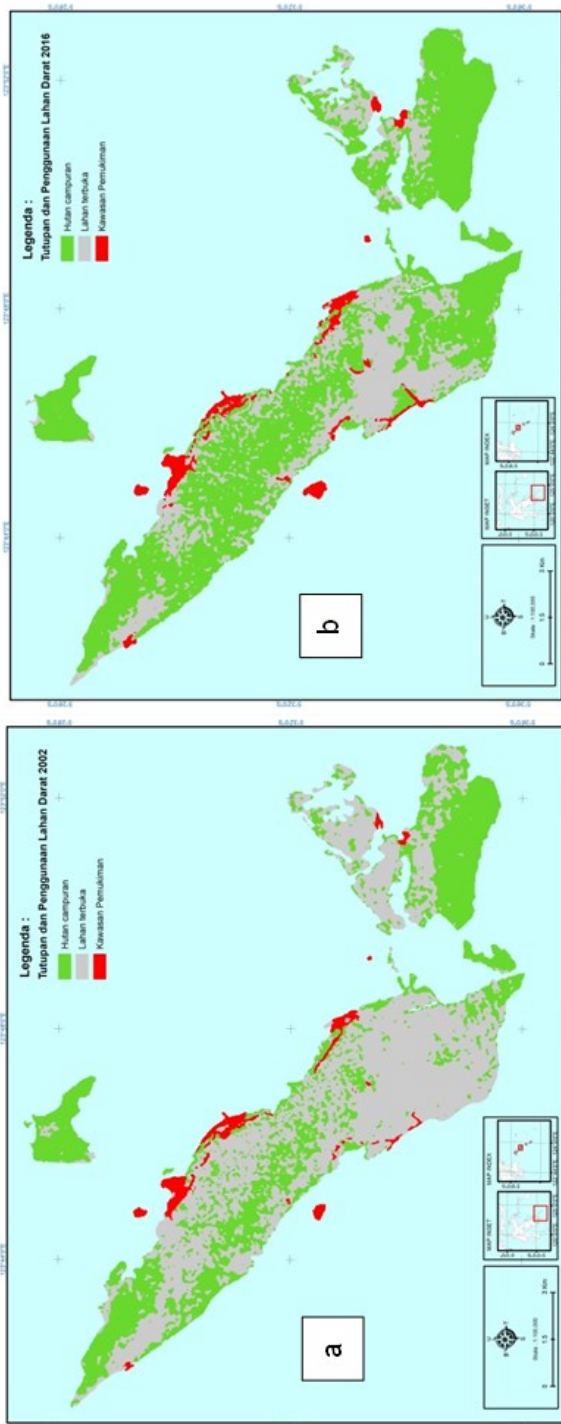
**Klasifikasi dan deteksi perubahan LULC**

Hasil analisis daratan Pulau Kaledupa terhadap Landsat 7ETM+ (2002), Landsat 5TM (2009), dan Landsat 8 OLI (2016) dengan menggunakan MLC diperoleh bahwa sebaran dan luasan tiga kelas LULC berubah dari tahun 2002 hingga 2016. Kawasan pemukiman

**Tabel 2.** Luas dan persentase tutupan setiap kelas *land use land cover* (LULC) Pulau Kaledupa tahun 2002, 2009, dan 2016.

No	Kelas	Tahun 2002		Tahun 2009		Tahun 2016	
		Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%
1	Area pemukiman	246,87	3,15	264,69	3,39	327,26	4,19
2	Hutan campuran	3.132,64	39,95	5.036,65	64,47	5.057,36	64,80
3	Lahan terbuka	4.462,55	56,91	2.511,63	32,15	2.419,83	31,01





Gambar 1. Hasil klasifikasi land use land cover (LULC) di Pulau Kaledupa, Sulawesi Tenggara, Tahun 2002 dan 2016.

- penduduk paling banyak ditemukan di pesisir pulau yang berbatasan langsung dengan laut. Sedangkan hutan/vegetasi campuran dan lahan terbuka tersebar luas di hampir seluruh daratan pulau. Luas (hektar) dan persentase tutupan setiap kelas LULC Pulau Kaledupa tahun 2002, 2009, dan 2016 dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, tutupan lahan terbesar pada tahun 2002 adalah kelas lahan terbuka dengan luas sebesar 4.462,55 ha atau 56,91% dari total LULC. Sedangkan yang terkecil adalah area pemukiman penduduk seluas 246,87 ha atau hanya 3,15%. Berdasarkan BPS Wakatobi (2017) di Pulau Kaledupa terdapat 22 desa dan 4 kelurahan. Menurut Cullen *et al.* (2007) menjelaskan penduduk Pulau Kaledupa terdiri atas dua kelompok. Kelompok pertama yaitu masyarakat pulau (secara lokal disebut *pulo*), yang merupakan keturunan Buton dan penghuni tanah tradisional, kedua adalah pengembara laut tradisional (dikenal secara lokal sebagai *bajo*). Area pemukiman *pulo* berada di daratan pulau, sedangkan *bajo* membuat rumah tinggal di laut khususnya di area hamparan pasir intertidal dan daerah lamun (Azhar *et al.*, 2019; Cullen 2007). Dua komunitas ini memiliki latar belakang budaya yang sangat berbeda, kepercayaan, nilai sosial, dan ketergantungan terhadap sumberdaya alam (Sather 1997; May 2005; Cullen *et al.* 2007). Total luas area pemukiman *miana pulo* pada tahun 2002 sebesar 220,41 ha atau 89,28%, sedangkan *bajo* seluas 26,46 ha atau 10,72%. Masyarakat *bajo* di daerah ini terbagi menjadi tiga lokasi yaitu Sama Bahari dan Mantigola di Kecamatan Kaledupa, sementara Lohoa di Kecamatan Kaledupa Selatan. Berdasarkan hasil klasifikasi citra tahun 2002, luas area pemukiman masyarakat *bajo* Sama Bahari adalah 10,17 ha, Mantigola sebesar 14,58 ha, sedangkan Lohoa memiliki cakupan terkecil yaitu 1,71 ha. Peta hasil klasifikasi LULC Pulau Kaledupa tahun 2002 dan tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 1 (a-b).

Hasil klasifikasi LULC tahun 2009, diperoleh bahwa area yang terbesar adalah hutan campuran dengan luas 5.036,65 ha atau 64,47 % dari total LULC (lihat

Tabel 2). Hal ini berbeda dengan tahun 2002, dimana hutan campuran lebih kecil dibandingkan lahan terbuka. Area pemukiman tetap menjadi area terkecil LULC yaitu 264,69 ha atau 3,39%. Luas area pemukiman tahun 2009 lebih besar dibandingkan pada tahun 2002. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan luasan area pemukiman baik masyarakat *pulo* maupun komunitas *bajo* yang di perairan Pulau Kaledupa. Luas total pemukiman masyarakat *pulo* pada tahun 2009 yakni 231,75 ha atau 87,56% dan *bajo* sebesar 32,94 ha atau 12,44 %.

Hasil klasifikasi LULC tahun 2016, dapat dilihat kelas LULC yang besar adalah hutan campuran yaitu 5.057,36 ha atau 64,80 % dari total LULC. Hutan campuran semakin bertambah luas dibanding tahun 2002 dan 2009. Wang *et al.* (2018) mengatakan aktifitas antropogenik sangat mempengaruhi cakupan vegetasi, penambahan tutupan hutan dapat bertambah dengan adanya aforestrasi ataupun intensifikasi lahan pertanian. Kelas lahan terbuka pada tahun 2016 seluas 2.419,83 ha atau 31,01 %. Area pemukiman merupakan tutupan terkecil hanya 327,26 ha atau 4,19 %. Luasan kawasan pemukiman lebih besar dibandingkan tahun 2002 dan 2009. Total area pemukiman masyarakat *pulo* (yang berada di daratan pulau) pada tahun 2016 adalah 282,35 ha atau 86,28% dan komunitas bajo 44,91 ha atau 13,72%.

Deteksi LULCC dari tahun 2002 sampai 2016 dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi citra Landsat 7ETM+ (2002), Landsat 5TM (2009), dan Landsat 8 OLI (2016). Perubahan yang diamati dengan membandingkan pixel-pixel dan menghitung luasan setiap kelas LULC pada tahun 2002 ke 2009, tahun 2009 ke 2016, dan tahun 2002 ke 2016. Kelas yang mengalami perubahan sangat besar yaitu lahan hutan campuran dan lahan terbuka. Hutan campuran mengalami penambahan luasan tetapi lahan terbuka terjadi pengurangan luasan. Hal ini serupa dengan hasil riset Scharsich *et al.* (2017) yang menyebutkan bahwa area hutan di sekitar Taman Nasional Matobo mengalami peningkatan sebesar 7%. Area pemukiman semakin bertambah luas dari tahun 2002 hingga 2016. Perubahan LULC Pulau Kaledupa dari tahun 2002 sampai 2016 disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat LULC Pulau Kaledupa dari tahun 2002 sampai 2016 bahwa lahan terbuka mengalami penurunan luasan sebesar 2.042,72 ha. Pengurangan luasan ini tergantikan menjadi hutan campuran seluas 1.924,72 ha dan area pemukiman 80,39 ha, sedangkan sisanya mengalami degradasi seiring berkurangnya luasanya pulau akibat proses alam maupun aktifitas pemanfaatan yang dilakukan oleh masyarakat. Perubahan yang tertinggi terjadi antara tahun 2002 dan 2009, dimana lahan terbuka terfragmentasi menjadi hutan campuran sebesar 1.904,01 ha dan area pemukiman 17,82 ha. Perubahan tahun 2009 ke 2016 yaitu lahan terbuka berkurang 91,80 ha, berganti menjadi hutan campuran 20,71 ha dan pemukiman 62,57 ha. Area pemukiman antara tahun 2009 dan 2016 mengalami ekspansi cukup besar dibandingkan tahun 2002 hingga 2009. Secara rinci, penambahan luas area pemukiman masyarakat *pulo* tahun 2002 sampai 2009 adalah sebesar 11,34 ha, sedangkan komunitas bajo 6,48 ha. Tahun 2009 sampai 2016, area pemukiman masyarakat *pulo* seluas 50,60 ha, sementara komunitas bajo sebesar 11,97 ha. Namugize *et al.* (2017) dalam hasil penelitiannya menguraikan bahwa pertumbuhan penduduk akan meningkatkan cakupan area terbangun dan mempengaruhi LULC lain.

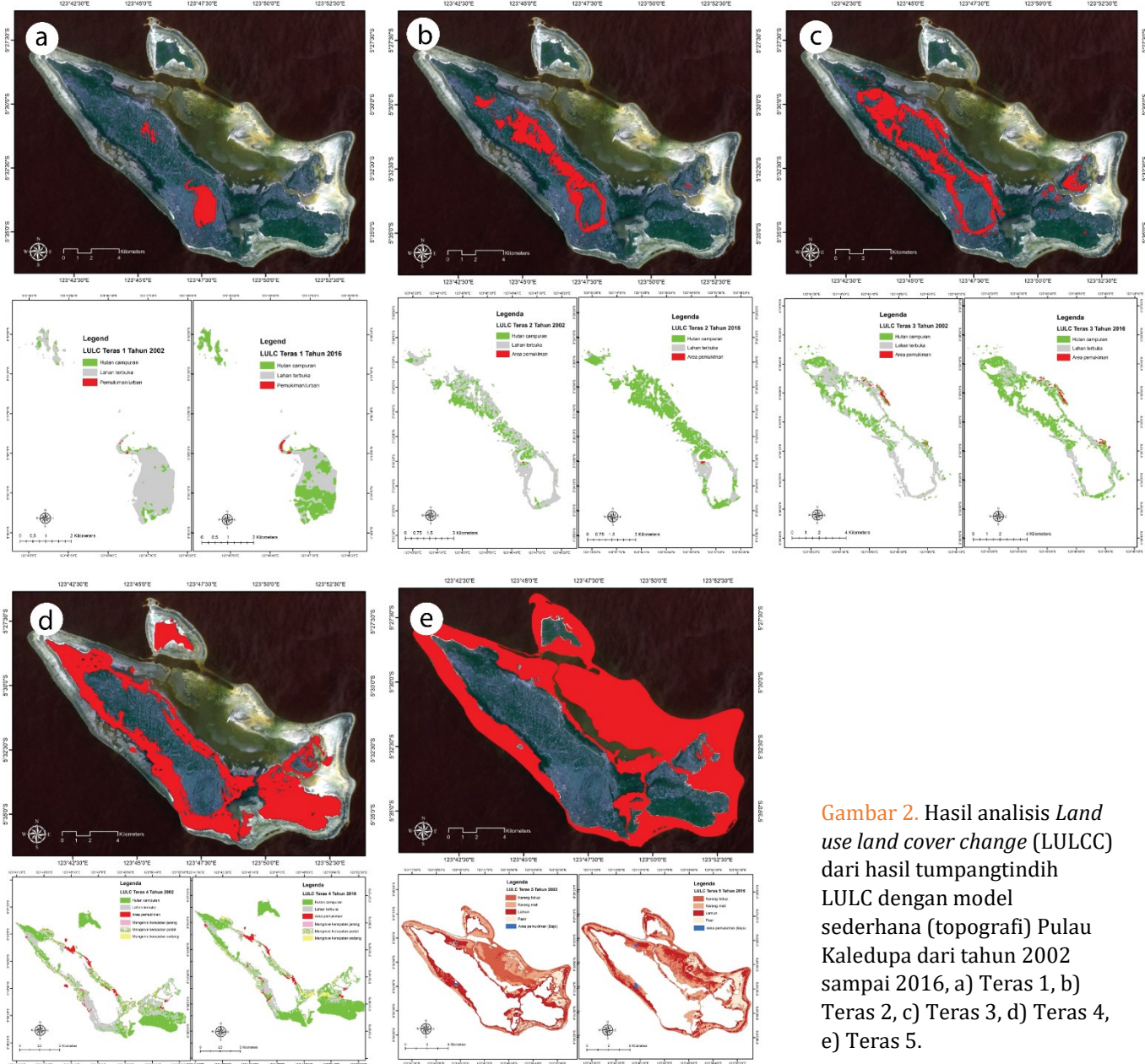
**Tabel 3.** Perubahan *land use land cover* (LULC) Pulau Kaledupa, Sulawesi Tenggara, dari tahun 2002 sampai 2016.

No	Kelas	Perubahan luas (ha)		
		2002 - 2009	2009 - 2016	2002 - 2016
1	Area pemukiman	17,82	62,57	80,39
2	Hutan campuran	1.904,01	20,71	1.924,72
3	Lahan terbuka	-1.950,92	-91,80	-2.042,72

### LULCC berdasarkan model sederhana pulau

Model sederhana pulau yang terdiri dari 5 tingkatan (teras) dilakukan *overlay* dengan LULC yang ada di Pulau Kaledupa (Gambar 2). Analisis dengan menggunakan perangkat

luak ArcMap 10, dapat mengidentifikasi dan menghitung LULCC (dari tahun 2002 sampai 2016) pada setiap tingkatan sesuai ketinggian pulau. Pada teras 1 (ketinggian pulau 101,1-189 m di atas permukaan laut), terdapat hutan campuran, lahan terbuka, dan area pemukiman penduduk (Gambar 2a). Pada tahun 2002, didominasi oleh lahan terbuka dengan luas 393,06 ha, hutan campuran dengan luas area sebesar 39,04 ha, sedangkan pemukiman penduduk memiliki luasan terkecil yaitu 1,38 ha. Perubahan terjadi pada tahun 2016, awalnya didominasi oleh lahan terbuka berubah menjadi hutan campuran. Hutan campuran seluas 226,29 ha, lahan terbuka 202,11 ha, dan pemukiman 5,09 ha. Besarnya penurunan luasan lahan terbuka yaitu 190,95 ha, peningkatan luas hutan campuran 187,24 ha, dan penambahan area pemukiman yakni 3,71 ha. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian areal lahan terbuka berganti menjadi hutan campuran dan kawasan pemukiman masyarakat.



Gambar 2. Hasil analisis *Land use land cover change* (LULCC) dari hasil tumpangtindih LULC dengan model sederhana (topografi) Pulau Kaledupa dari tahun 2002 sampai 2016, a) Teras 1, b) Teras 2, c) Teras 3, d) Teras 4, e) Teras 5.



Keberadaan LULC teras 2 Pulau Kaledupa (Gambar 2b) hampir sama dengan teras 1, terdapat hutan campuran, lahan terbuka, dan area pemukiman. Pada tahun 2002, LULC teras 2 (ketinggian pulau 59,1-101 m di atas permukaan laut) didominasi oleh lahan terbuka (823,93 ha), sedangkan hutan campuran memiliki luas 345,62 ha, dan area pemukiman hanya 0,96 ha. Keadaan menjadi berubah ketika tahun 2016. Lahan terbuka mengalami fragmentasi, digantikan hutan campuran dan area pemukiman. Penurunan luasan lahan terbuka sebesar 464 ha, sehingga luas totalnya menjadi 359,47 ha. Hutan campuran bertambah luas sebesar 461,87 ha, dan menjadi 807,49 ha. Area pemukiman juga bertambah dari 0,96 ha (tahun 2002) menjadi 3,55 ha (tahun 2016) atau penambahan luas sebesar 2,59 ha. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar lahan terbuka berubah menjadi hutan campuran dan ekspansi area pemukiman masyarakat.

LULC teras 3 (ketinggian pulau 27,1-59 m di atas permukaan laut) Pulau Kaledupa terdapat hutan campuran, lahan terbuka, dan area pemukiman (Gambar 2c). Pada tahun 2002, kawasan ini didominasi lahan terbuka (1.172,16 ha), sedangkan tutupan hutan campuran seluas 561,58 ha, dan pemukiman 30,28 ha. Namun pada tahun 2016, luasan lahan terbuka berkurang sebesar 479,35 ha, sehingga menjadi 692,81 ha. Hutan campuran bertambah luas sebesar 474,54 ha, total luasan menjadi 1.036,12 ha. Begitu pula area pemukiman makin bertambah dengan perubahan sebesar 5,02 ha, total kawasan pemukiman sebesar 35,30 ha. Pada tahun 2016, di teras 3 didominasi oleh hutan campuran. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar lahan terbuka berubah menjadi hutan campuran, sebagian kecil diekspansi oleh pemukiman penduduk.

LULC teras 4 (ketinggian pulau 0-27 m di atas permukaan laut) berbeda dengan tingkatan sebelumnya (Gambar 2d). Pada teras 1-3 hanya terdapat hutan campuran, lahan terbuka dan pemukiman, tetapi LULC pada teras 4 bertambah hutan mangrove. Hutan mangrove dibagi menjadi kerapatan jarang, sedang, dan padat. Tutupan mangrove dan perubahannya dianalisis dengan NDVI. Pada tahun 2002, LULC teras 4 didominasi oleh hutan campuran (2.186,39 ha), kemudian disusul lahan terbuka seluas 2.073,40 ha. Hutan mangrove dengan kategori kerapatan padat seluas 791,12 ha, kerapatan sedang 93,58 ha, kerapatan jarang 92,18 ha.

Total area pemukiman seluas 187,79 ha. Pada tahun 2016, LULC yang bertambah luas adalah hutan campuran, area pemukiman, mangrove kerapatan jarang, dan mangrove kerapatan sedang. Hutan campuran bertambah luas sebesar 801,08 ha sehingga menjadi 2.987,47 ha, area pemukiman menjadi 238,41 ha, mangrove kerapatan jarang menjadi 147,71 ha, dan mangrove kerapatan sedang menjadi 336,83 ha. Sedangkan LULC yang mengalami penurunan adalah lahan terbuka dan mangrove padat. Lahan terbuka berkurang 907,96 ha sehingga menjadi 1.165,44 ha, dan mangrove kerapatan padat menjadi 492,41 ha. Area pemukiman di teras 4 memiliki luas terbesar dibandingkan teras 1-3 dan teras 5. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat Pulau Kaledupa memiliki karakteristik sebagai masyarakat pesisir yang banyak menggantungkan kehidupan di laut. Interaksi sosial banyak terjadi di wilayah pesisir yang berbatasan langsung dengan laut.

LULC teras 5 berbeda dengan teras 1-4. LULC pada tingkatan ini merupakan habitat perairan dangkal (SWMH) dan area pemukiman masyarakat bajo (Gambar 2e). Pemetaan SWMH berbeda dengan LULC pada teras yang lain. Hal ini disebabkan analisis SWMH selain koreksi radiometrik, juga harus dilakukan koreksi kolom air. SWMH dalam penelitian ini dibagi menjadi 4 kelas yaitu karang hidup, karang mati, lamun, dan pasir. Karang hidup memiliki luas sebesar 2.217 ha pada tahun 2002 berkurang menjadi 2.039 ha di tahun 2016. Karang mati dengan luas 3.327 ha (tahun 2002) mengalami degradasi sebesar 1.219 ha sehingga menjadi 2.108 ha (tahun 2016). Sedangkan lamun dan pasir mengalami peningkatan luasan. Lamun bertambah luas, dimana pada tahun 2002

Tabel 4. Metrik kelas tutupan dan penggunaan lahan (LULC) di Pulau Kaledupa, Sulawesi Tenggara.

No.	TIPE	PLAND (%)		Selisih (%)		LPI (%)		Selisih (%)		ED (m/ha)		Selisih (m/ha)		CONNECT		Selisih (%)		COHESION		Selisih		
		2002	2016	2016	2016	2002	2016	2002	2016	2002	2016	2002	2016	2002	2016	2002	2016	2002	2016	2002	2016	
1	SWMH	55,51	55,51	0,00	55,51	0,00	55,51	0,00	55,51	3,48	3,48	3,43	-0,05	100,00	100,00	0,00	99,93	99,93	0,00	99,93	99,93	0,00
2	Hutan Campuran	15,67	25,47	9,80	3,65	11,36	7,71	23,89	22,98	23,89	22,98	-0,91	78,51	78,51	0,00	97,30	99,16	1,86	97,30	99,16	1,86	
3	Lahan Terbuka	22,55	12,33	-10,23	16,91	5,36	-11,55	24,39	22,67	24,39	22,67	-1,72	62,82	62,82	0,00	99,41	97,62	-1,78	99,41	97,62	-1,78	
4	Pemukiman	1,26	1,69	0,43	0,33	0,35	0,02	2,37	3,12	2,37	3,12	0,74	90,21	90,21	0,00	93,95	94,02	0,07	93,95	94,02	0,07	
5	Mangrove jarang	0,47	0,72	0,26	0,03	0,06	0,02	3,38	4,24	3,38	4,24	0,86	66,48	66,48	0,00	73,95	80,51	6,56	73,95	80,51	6,56	
6	Mangrove Sedang	0,47	1,74	1,27	0,04	0,41	0,37	3,67	6,12	3,67	6,12	2,45	70,95	70,95	0,00	69,76	90,68	20,93	69,76	90,68	20,93	
7	Mangrove Padat	4,07	2,55	-1,52	1,19	0,44	-0,75	5,15	5,07	5,15	5,07	-0,08	73,67	73,67	0,00	97,25	94,89	-2,36	97,25	94,89	-2,36	

memiliki luas 4.130 ha menjadi 5.294 ha di tahun 2016. Cakupan pasir sebesar 1.201 ha (tahun 2002) menjadi 1.346 ha (tahun 2016). Sementara itu, area pemukiman masyarakat *bajo* bertambah luas, pada tahun 2002 sebesar 26,46 ha menjadi 44,91 ha di tahun 2016.

**Heterogenitas spasial**

*Metrik distribusi kelas*

Pola LULC di Pulau Kaledupa dalam penelitian ini terdiri dari 7 kategori, dengan delapan kategori di daratan, meliputi area pemukiman, hutan campuran, lahan terbuka, mangrove kerapatan jarang, mangrove kerapatan sedang, mangrove kerapatan padat, dan *shallow water marine habitat* (SWMH). SWMH merupakan habitat dasar perairan yang terdiri karang hidup, karang mati, pasir, dan lamun. Metrik distribusi kelas Pulau Kaledupa yang dihasilkan dari analisis menggunakan *Fragstats* dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan hasil analisis dengan perangkat lunak *Fragstats* diperoleh persentase komposisi lanskap (PLAND) terbesar pada tahun 2002 yaitu SWMH (55,51%) dan lahan terbuka di darat (22,55%). Pada tahun 2016, PLAND di darat mengalami perubahan, persentase terbesar berubah menjadi hutan campuran. Komposisi lahan terbuka menurun menjadi 12,33% atau sebesar -10,23%. Pengurangan persentase ini diakibatkan berganti menjadi hutan campuran (9,80%) dan perluasan area pemukiman (0,43%). Hal ini menunjukkan bahwa perluasan area pemukiman di darat (masyarakat *pulo*) mengekspansi lahan terbuka. Namun berbeda dengan komunitas *bajo*, perluasan area pemukiman merubah SWMH. Sementara itu, pada ekosistem mangrove di tahun 2002 didominasi oleh mangrove kerapatan padat dengan PLAND sebesar 4,07%, namun mengalami penurunan pada tahun 2016 menjadi 2,55% atau perubahan sebesar -1,52%. Persentase yang berkurang ini disebabkan terjadinya degradasi mangrove sehingga berubah status menjadi kerapatan sedang (1,27%) dan kerapatan jarang (0,26%). Aktifitas manusia dalam memanfaatkan mangrove yang tidak ramah lingkungan menjadi pemicu besar degradasi mangrove.

LPI merupakan nilai yang dapat mendukung interpretasi nilai PLAND. LPI lahan terbuka pada tahun 2002 tertinggi (16,91%) dibandingkan dengan LULC lain di darat. Namun pada tahun 2016, LPI terbesar adalah hutan campuran (11,36%), sedangkan lahan terbuka menurun menjadi 5,36% atau perubahan 11,55%. Untuk wilayah perairan, nilai LPI masih sama dengan nilai PLAND dan tidak ada perubahan. Nilai ED tertinggi adalah kategori area lahan terbuka, yaitu 24,39 m/ha pada tahun 2002, menjadi 22,67 m/ha pada tahun 2014 (mengalami penurunan sebesar -1,72 m/ha). Selain itu, nilai ED yang berkurang dari tahun 2002 sampai 2016 adalah mangrove kategori padat (0,08 m/ha). Nilai ED yang mengalami peningkatan adalah kategori area pemukiman (0,74 m/ha), mangrove kerapatan jarang (0,86 m/ha), dan mangrove kerapatan sedang (2,45 m/ha). Penurunan nilai ED mengindikasikan bahwa suatu kategori lanskap semakin terfragmentasi, sedangkan jika terjadi penambahan, maka suatu kategori area semakin terpusat dan mengekspansi area lain dan meningkatkan fragmentasi LULC yang lain.

Berdasarkan nilai indeks konektivitas (CONNECT), secara fungsi menunjukkan bahwa indeks konektivitas yang tinggi antar area di daratan pada tahun 2002 adalah pemukiman (90,21%), kemudian hutan campuran (78,51%), mangrove kerapatan padat (73,67%), dan mangrove kerapatan sedang (70,95%). Begitu pula pada tahun 2016, area pemukiman masih memiliki konektivitas tertinggi (87,87%) dibanding LULC lain, namun nilainya berkurang sebesar 2,36%

dibandingkan pada tahun 2002. Selain itu indeks konektivitas yang tinggi pada tahun 2014 adalah mangrove kerapatan sedang (80,08%), hutan campuran (78,44%), dan mangrove kerapatan jarang (75,59%). Kondisi ini memperlihatkan bahwa LULC di darat Pulau Kaledupa terjadi perubahan yang signifikan. Berdasarkan konektivitas secara fisik (COHESION) pada tahun 2002 menunjukkan bahwa 3 kelas LULC daratan dengan nilai yang tinggi adalah lahan terbuka (99,41), hutan campuran (97,30), dan mangrove padat (97,25). Pada tahun 2014, COHESION tertinggi adalah hutan campuran (99,16%), kemudian lahan terbuka (97,62) dan mangrove padat (94,89). Namun jika LULC daratan dibandingkan SWMH, maka dapat dilihat bahwa SWMH memiliki konektivitas lebih tinggi baik secara fungsi (CONNECT 100%) maupun secara fisik (COHESION 99,93). Konektivitas yang tinggi ini menunjukkan bahwa SWMH merupakan area yang memiliki interaksi tertinggi di Pulau Kaledupa.

*Metrik distribusi lanskap kawasan*

Edge density

*Edge density* (ED) adalah ukuran absolut panjang tepi bidang dari tipe bidang ruang. *Edge density* menunjukkan panjang tepi bidang per unit area berdasarkan perbandingan antar lanskap dari berbagai ukuran. Hasil analisis *Fragstats* terhadap LULC di Pulau Kaledupa dari tahun 2002 sampai 2016 menunjukkan bahwa LULC di kawasan ini mengalami fragmentasi. Hal ini dapat diketahui dari nilai ED yang bertambah walaupun sangat kecil yaitu 0,64 m/ha, dimana ED pada tahun 2002 sebesar 33,16 m/ha menjadi 33,81 m/ha di tahun 2016. Perubahan nilai terjadi karena konversi sebagian ruang dari kelas LULC (kategori lahan terbuka dan SWMH) menjadi area pemukiman. Selain itu, adanya degradasi mangrove dari kerapatan padat menjadi jarang dan sedang. Dominansi suatu ruang akan menurunkan fungsi habitat dari suatu kawasan yang ada, dan mempengaruhi konektivitas yang dimiliki. Metrik lanskap tutupan dan penggunaan lahan di Pulau Kaledupa dapat dilihat pada Tabel 5.

Konektivitas

Konektivitas fungsi (CONNECT) didefinisikan atas jumlah hubungan secara fungsi antar bidang ruang dari tipe bidang ruang yang ada. CONNECT dari LULC yang ada dipengaruhi oleh perubahan yang seporadis dan tidak teratur. Indeks konektivitas adalah elemen vital dari struktur lanskap (Taylor *et al.* 1993). Semakin tinggi jumlah hubungan secara fungsi antar ruang dari tipe kategori ruang yang ada, maka semakin tinggi konektivitas antar kategori ruang (Kurniawan 2017). Berdasarkan analisis dengan perangkat lunak *Fragstats* ditemukan bahwa konektivitas LULC Pulau Kaledupa semakin kecil, dari tahun 2002 sampai 2016 berkurang sebesar 0,35%. Nilai perubahannya masih rendah karena intensitas kawasan terbangun (area pemukiman) masih jauh lebih kecil dibandingkan dengan LULC yang lain. Luasan pulau yang sekitar 8 109,33 ha (tahun 2016) dan luas total area pemukiman di daratan pulau 282,35 ha (3,48% dari luas pulau) menunjukkan bahwa perluasan area pemukiman di daratan pulau masih diperkenankan hingga mencapai titik optimal. Namun hal yang perlu diperhatikan adalah pembangunan di

**Tabel 5.** Metrik lanskap tutupan dan penggunaan lahan (LULC) di Pulau Kaledupa, Sulawesi Tenggara.

Tahun	ED	CONNECT	COHESION	SHDI	SIDI	SHEI	SIEI
2002	33,16	74,32	99,37	1,1887	0,6146	0,6109	0,7170
2016	33,81	73,97	99,28	1,2011	0,6104	0,6172	0,7121
Perubahan	0,64	-0,35	-0,08	0,0124	-0,0042	0,0063	-0,0049

-pulau harus sesuai dengan kaidah-kaidah lingkungan. Berdasarkan konektivitas struktur/fisik (COHESION) menunjukkan nilai yang tinggi di tahun 2002 sebesar 99,37 menjadi 99,28. Tingginya nilai kohesi ini sangat dipengaruhi oleh komposisi dan tingkat fragmentasi LULC yang ada. Semakin banyak komposisi dan tingkat fragmentasi membuat tingkat kemungkinan terhubung secara fisik (rasio area dan perimeter) antar kategori LULC juga tinggi (Kurniawan 2017).

#### *Metrik keanekaragaman spasial*

Tingkat keanekaragaman dan kesamaan spasial dalam analisis menggunakan *Fragstats* pada penelitian ini difokuskan pada keanekaragaman Shannon (SHDI), indeks keanekaragaman Simpson (SIDI), indeks kesamaan Shannon (SHEI), dan Simpson (SIEI). Berdasarkan hasil analisis tingkat keanekaragaman spasial Pulau Kaledupa cukup tinggi. Pada tahun 2002, SHDI sebesar 1,19 menjadi 1,20 di tahun 2016, SIDI memiliki nilai 0,6146 di tahun 2002 menjadi 0,6104 di tahun 2016 (mengalami penurunan sebesar 0,0042). Tingginya keanekaragaman spasial dipengaruhi oleh komposisi lanskap dan tidak dipengaruhi oleh susunan/konfigurasi spasial yang ada. Sementara itu, nilai SHEI pada tahun 2002 sebesar 0,6109 menjadi 0,6172 di tahun 2016 (mengalami peningkatan sebesar 0,0063). Penambahan nilai indeks kesamaan ini menunjukkan bahwa pola penggunaan ruang semakin proporsional, artinya ada beberapa kategori ruang dengan luas area yang kecil menjadi lebih besar. Sedangkan nilai SIEI 0,7120 pada tahun 2002 berkurang menjadi 0,7121 pada tahun 2016 (menurun sebesar 0,0049).

### **Kesimpulan**

Citra multispectral khususnya Landsat 7ETM+, Landsat 5TM, dan Landsat 8 OLI sangat berguna untuk melakukan klasifikasi LULC daratan dan mendeteksi LULCC dengan berbagai skala waktu. LULC daratan Pulau Kaledupa dalam penelitian ini dibagi menjadi hutan campuran, lahan terbuka, dan area pemukiman. LULC di daerah ini selama 14 tahun (dari tahun 2002 sampai 2016) mengalami perubahan cukup besar antar tiga kelas LULC. Pada tahun 2002, tutupan lahan terbuka mendominasi daratan Pulau Kaledupa sebesar 4.462,55 ha atau 56,91%, kemudian hutan campuran seluas 3.132,64 ha atau 39,95%, sedangkan pemukiman hanya 246,87 ha atau 3,15%. LULC tahun 2009 mengalami perubahan, dimana hutan campuran bertambah luas menjadi 5.036,65 ha atau 64,47%, area pemukiman juga bertambah luas menjadi 264,69 ha atau 3,39%, sedangkan lahan terbuka berkurang menjadi 2.511,63 ha atau 32,15%. LULC tahun 2016, hutan campuran terus mengalami peningkatan hingga mencapai 5.057,36 ha atau 64,80%, luas area pemukiman juga naik menjadi 327,27 ha atau 4,19%. Sedangkan lahan terbuka terus menurun hingga mencapai 2.419,83 ha atau 31,01%.

Hasil analisis LULC Pulau Kaledupa yang ditumpangtindihkan dengan model sederhana pulau (turunan dari topografi pulau) mampu mendeteksi LULCC secara detail. Setiap tingkatan teras terumbu ditemukan bahwa lahan terbuka dari tahun 2002 sampai 2016 terus mengalami penurunan. Pengurangan lahan terbuka secara berturut-turut dari teras 1 sampai 4 (tahun 2002 ke 2016) adalah 190,95 ha, 464,46 ha, 479,35 ha, dan 907,96 ha. Sedangkan hutan campuran dan area pemukiman mengalami penambahan luasan pada setiap tingkatan teras. Luas hutan campuran pada tahun 2016 secara berturut-turut dari teras 1 sampai 4 yaitu 226,29 ha, 807,49 ha, 1.036,12 ha, dan 2.987,47 ha. Area pemukiman pada tahun 2002 dari teras 1-5 secara berturut-turut adalah 1,38 ha, 0,96 ha, 30,28 ha, 187,79 ha, dan 26,46 ha. Pada tahun 2016, area pemukiman bertambah luas yaitu 5,09 ha (teras 1), 3,55 ha (teras 2), 35,30 ha (teras 3), 238,41 ha (teras 4), dan 44,91 ha (teras 5). Pemukiman penduduk terbanyak ditemukan di teras 4 (daerah pesisir yang berbatasan langsung dengan laut). Hal ini membuktikan bahwa sebagian besar masyarakat Pulau



Kaledupa menggantungkan hidup pada pemanfaatan sumberdaya laut, serta interaksi sosial ekonomi banyak terjadi di wilayah pesisir.

Heterogenitas dan konektivitas spasial antara LULC di Pulau Kaledupa dapat diidentifikasi dengan menggunakan perangkat lunak *Fragstats*. Berdasarkan nilai PLAND tahun 2002 dan 2016, pemukiman penduduk menjadi salah satu pendorong perubahan LULC di Kaledupa baik di daratan maupun di laut (1,26% tahun 2002 dan 1,69% tahun 2016). Pemukiman di daratan dihuni oleh masyarakat *pulo*, sedangkan di laut adalah komunitas bajo. Perluasan pemukiman banyak mengekspansi lahan terbuka, pola pengembangan area pemukiman adalah daerah yang berdekatan dengan jalan raya dan di wilayah pesisir. Sedangkan di lautan, pemukiman masyarakat bajo banyak dibangun di atas SWMH khususnya daerah berpasir dan habitat lamun (Cullen 2007). Heterogenitas spasial di Pulau Kaledupa, mengalami fragmentasi dan perubahan yang cukup bervariasi. Kondisi tersebut mempengaruhi konektivitas spasial LULC. Pada metrik kelas, secara fungsi, penurunan nilai konektivitas (CONNECT) berkisar dari -0,07 hingga -2,36%, sedangkan secara struktur (COHESION) berkurang antara -1,78 hingga -2,36. Sementara itu, pada metrik lanskap, CONNECT memiliki penurunan nilai sebesar -0.35 dan COHESION -0,08.

LULC di Pulau Kaledupa pada penelitian ini hanya mengacu pada sistem klasifikasi yang diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional, Indonesia (BSN) tentang Standar Nasional Indonesia (Lampiran B SNI 7645:2010) dengan skala 1:250 000 (BSN 2010) dan *Food and Agriculture Organization* (FAO) tentang Sistem Klasifikasi Tutupan Lahan (FAO 1998), belum secara detail mengintegrasikan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Wakatobi Tahun 2012-2032. Selain itu juga, pada riset ini belum menganalisis penyebab dan dampak dari LULCC. Dengan demikian, pada kajian berikutnya dapat mempertimbangkan RTRW Pulau Kaledupa serta melakukan analisis penyebab dan dampak dari LULCC.

### Persantunan

Terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian penelitian ini, terutama Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi. Pengambilan data lapangan seperti *ground truth* di Pulau Kaledupa dibantu oleh nelayan lokal, anggota Forkani, dan masyarakat lokal. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Balai Taman Nasional Wakatobi (TNW) dan pemerintah Kabupaten Wakatobi yang telah mendukung penelitian ini dengan menyediakan data pendukung.

### Daftar Pustaka

- Ahmad, F., (2012). Detection of change in vegetation cover using multi-spectral and multi-temporal information for District Sargodha, Pakistan. *Sociedade Natureza* 24: 557–572.
- Azhar, A., Damar, A., Bengen, D. G., & Atmadipoera, A. S., (2018). Shallow-Water Habitat Change Detection of Kaledupa Island, Wakatobi National Park (WNP) for 14 Years. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2), 475–488. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.21316>
- Azhar, A., Damar, A., Bengen, D. G., & Atmadipoera, A. S., (2019). Shallow water marine habitat mapping of Kaledupa Island using integrating traditional ecological knowledge and multispectral image classification. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 241(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/241/1/012038>
- Azhar, A., Damar, A., Bengen, D. G., & Atmadipoera, A. S., (2020). The identification of the morphological and hydro-oceanography characteristics of Kaledupa Island. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 13(6), 127–153.
- Bhat, P.A., ul Shafiq, M., Mir, A.A., & Ahmed, P., (2017). Urban sprawl and its impact on landuse/land cover dynamics of Dehradun City, India. *International Journal of Sustainable Built Environment* 6: 513-521.

- Bloom, B.S., Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R., (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain. New York: David McKay. 403 halaman.
- BPS [Badan Pusat Statistik] Wakatobi., (2017). Kabupaten Wakatobi dalam Angka 2017. *Badan Pusat Statistik Kabupaten Wakatobi*.
- Cullen, L.C., Pretty, J., Smith, D., & Pilgrim, S.E., (2007). Links between local ecological knowledge and wealth in indigenous communities of Indonesia: implications for conservation of marine resources. *The International Journal of Interdisciplinary Social Sciences* 2(1): 289-299.
- Cullen, L.C., (2007). Marine resource dependence, resource use patterns and identification of economic performance criteria within a small Indo-Pacific Island community. *A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, Department of Biological Sciences, University of Essex*.
- El-Hattab, M.M., (2016). Applying post classification change detection technique to monitor an Egyptian coastal zone (Abu Qir Bay). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 19: 23-36.
- Halmy, M.W.A., Gessler, P.E., Hicke, J.A., & Salem, B.B., (2015). Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using markov-CA. *Applied Geography* 63: 101-112.
- Haque, M.I., & Basak, R., (2017). Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: a spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 20: 251-262.
- Hegazy, I.R., & Kaloop, M.R., (2015). Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. *International Journal of Sustainable Built Environment* 4: 117-124.
- Houghton, R.A., (1994). The worldwide extent of land-use change. *Bioscience* 44(5): 305-313.
- Islam, K., Jashimuddin, M., Nath, B., & Nath, T.K., (2018). Land use classification and change detection by using multi-temporal remotely sensed imagery: the case of Chunati wildlife sanctuary, Bangladesh. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 21: 37-47.
- Jones, D.A., Hansen, A.J., Bly, K., Doherty, K., Verschuyll, J.P., Paugh, JI., Carle, R., & Story, S.J., (2009). Monitoring land use and cover around parks: a conceptual approach. *Remote Sensing of Environment* 113: 1346-1356.
- Kaliraj, S., Chandrasekar, N., Ramachandran, K.K., Srinivas, Y., & Saravanan, S., (2017). Coastal landuse and land cover change and transformations of Kanyakumari coast, India using remote sensing and GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 20: 169-185.
- Kerr, S.A., (2005). What is small island sustainable development about? *Ocean & Coastal Management* 48: 503-524.
- Kurniawan, F., (2017). Studi resiliensi spasial pulau-pulau kecil: kasus kawasan konservasi perairan nasional Taman Wisata Perairan Gili Ayer, Gili Meno, dan Gili Trawangan (Gili Matra), Nusa Tenggara Barat. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor (IPB).
- Lopez, A.D., Mathers, C.D., Ezzati, M., Jamison, D.T., & Murray, C.J., (2006). Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data. *Lancet* 367(9524): 1747-1757.
- López, S., Wright, C., Constanza, P., (2016). Environmental change in equatorial Andes: linking climate, land use, and land cover transformation. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 8: 291-303.
- Maryantika, N., & Lin, C. 2017. Exploring changes of land use and mangrove distribution in the economic area of Sidoarjo District, East Java using multi-temporal Landsat images. *Inf. Process. Agric.* 4: 321-332. doi: 10.1016/j.inpa.2017.06.003.
- May, D., (2005). Folk taxonomy of reef fish and the value of participatory monitoring in Wakatobi National Park, southeast Sulawesi, Indonesia. *SPC Traditional Marine Resource Management and Knowledge Information Bulletin* 18: 18-34.
- Mosammam, H.S., Nia, J.T., Khani, H., Teymouri, A., & Kazemi, M., (2017). Monitoring land use change and measuring urban sprawl based on its spatial forms, the case of Qom city. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 20: 103-116.

- Namugize, J., Jewitt, G., & Graham, M., (2017). Effects of land use and land cover changes on water quality in the uMngeni river catchment, South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth* 105: 247-264.
- Pullanikkatil, D., Palamuleni, L.G., & Ruhiiga, T.M., (2016). Land use/land cover change and implications for ecosystems services in the Likangala river catchment, Malawi. *Physics and Chemistry of the Earth* 8: 291-303.
- Rawat, J.S., Biswas, V., & Kumar, M., (2013). Changes in land use/cover using geospatial techniques: a case study of Ramnagar town area, district Nainital, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 16: 111-117.
- Rawat, J.S., & Kumar, M., (2015). Monitoring land use/land cover change using remote sensing and GIS techniques: a case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 18: 77-84.
- Reid, R.S., Kruska, R.L., Muthui, N., Taye, A., Wotton, S., Wilson, C.J., & Mulatu, W., (2000). Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces: the case of southwestern Ethiopia. *Landscape Ecology* 15(4): 339-355.
- Sather, C., (1997). The bajau laut: adaptation, history, and fate in a maritime fishing society of South-Eastern Sabah. *Oxford University Press, New York*, 359pp.
- Scharsich, V., Mtata, K., Hauhs, M., Lange, H., & Bogner, C., (2017). Analysing land cover and land use change in the Matobo National Park and surroundings in Zimbabwe. *Remote Sensing of Environment* 194: 278-286.
- Silva, J.S., da Silva, R.M., & Santos, C.A.G., (2018). Spatiotemporal impact of land use/land cover changes on urban heat islands: a case study of Paco do Lumiar, Brazil. *Building and Environment* 136: 279-292.
- Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G., (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 73:43-48.
- Thakkar, A.K., Desai, V.R., Patel, A., & Potdar, M.B., (2017). Post-classification corrections in improving the classification of land use/land cover of arid region using RS dan GIS: the case of Arjuni watershed, Gujarat, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 20: 79-89.
- Tzanopoulos, J., & Vogiatzakis, I.N., (2011). Processes and patterns of landscape change on a small Aegean Island: The case of Sifnos, Greece. *Landscape and Urban Planning* 99: 58-64.
- Wang, F., An P., Huang, C., Zhang, Z., & Hao, J., (2018). Is afforestation-induced land use change the main contributor to vegetation dynamics in the semiarid region of North China? *Ecological Indicators* 88: 282-291.

---

**Hak cipta:**

© Penulis (tim), 2023. Diterbitkan oleh BPPMPV KPTK.

**Sunting artikel:**

Azhar, A., & Anggoro, A., (2023). Perubahan tutupan dan pemanfaatan lahan di Pulau Kaledupa, Taman Nasional Wakatobi, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Oase Nusantara*, 2(1), 25-39.