

DINAMIKA PERUBAHAN PENGGUNAAN DAN TUTUPAN LAHAN DI KABUPATEN BANYUWANGI PERIODE 1995 – 2019

DYNAMIC OF THE LAND USE AND LAND COVER CHANGE IN BANYUWANGI REGENCY FROM 1995 – 2019

Nurlita Indah Wahyuni^{1*}, Abdul Wahid Hasyim² dan Soemarno³

¹Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan, Universitas Brawijaya
Jl. Mayjen Haryono 169, Malang 65145

²Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. Mayjen Haryono 167 Malang

³Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
Jl. Veteran Ketawanggede Malang 65145

*E-mail : nurlita.indah@gmail.com

Diterima: 4 September 2021; Direvisi: 15 September 2021; Disetujui: 10 Desember 2021

ABSTRAK

Fenomena perubahan penggunaan dan tutupan lahan menjadi salah satu perhatian di berbagai wilayah di dunia termasuk di Indonesia. Perubahan penggunaan dan tutupan lahan akibat aktivitas manusia mempengaruhi fungsi ekosistem daratan termasuk fungsi pengendalian iklim. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan penggunaan dan tutupan lahan di Kabupaten Banyuwangi pada rentang waktu tahun 1995 – 2019. Empat citra satelit dengan waktu perekaman tahun 1995, 2000, 2014 dan 2019 digunakan untuk menganalisis perubahan spasial dan temporal bersama dengan pengamatan lapangan. Proses klasifikasi penggunaan dan tutupan lahan meliputi pemilihan area contoh, klasifikasi terbimbing dan pengujian hasil klasifikasi. Penggunaan dan tutupan lahan hasil klasifikasi terdiri dari 12 kelas yaitu hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, hutan tanaman, hutan mangrove, perkebunan, pemukiman, pertanian lahan kering, sawah, semak belukar, badan air, tambak, dan tanah terbuka. Selama periode 1995 hingga 2019 penggunaan dan tutupan lahan yang luasnya cenderung berkurang adalah hutan sekunder, hutan mangrove, dan sawah. Sebaliknya luas pemukiman, semak belukar, dan tambak bertambah signifikan dalam kurun waktu tersebut.

Kata kunci: Banyuwangi, klasifikasi terbimbing, Landsat, penggunaan lahan, tutupan lahan

ABSTRACT

The land use and land cover change phenomenon has become one concern over many regions worldwide, including Indonesia. Land use and land cover change due to human activities triggered alteration terrestrial ecosystems and its services including climate control functions. The study aimed to analyze land use and land cover change in Banyuwangi regency during 1995 – 2019. Four satellite images from acquisition year 1995, 2000, 2014 and 2019 were used to analyze the spatial and temporal changes along with field observations. The classification processes of land use and land cover included determination of training areas, supervised classification, and accuracy assessment. There are 12 land use and land cover based on supervised classification as follow primary forest, secondary forest, plantation forest, mangrove forest, plantation, settlement, cropland, paddy field, shrubs, water, fishpond and barren land. The result showed during observation period of 1995 until 2019 land use and land cover which tends to decrease are secondary forest, mangrove forest, and rice fields. On the other hand, the area of settlements, shrubs and fishponds were increased significantly.

Keywords: Banyuwangi, land cover, land use, Landsat, supervised classification

Editor: Ady Suryawan, S.Hut., M.I.L.

Korespondensi penulis: Nurlita Indah Wahyuni* (nurlita.indah@gmail.com)

Kontribusi penulis: **NIW**: kontributor utama, pelaksana penelitian, pengambilan data, analisis data, konseptor tulisan, menulis draft naskah KTI, submit naskah KTI; **AWH**: kontributor anggota, mengarahkan analisis data, mengoreksi draft naskah KTI; **SS**: kontributor anggota, mengoreksi penyusunan draft naskah KTI

PENDAHULUAN

Perubahan tutupan dan penggunaan lahan yang terjadi secara masif di negara-negara Asia Selatan dan Asia Tenggara, secara umum dipengaruhi oleh pertumbuhan populasi penduduk, perkembangan ekonomi dan peningkatan kebutuhan lahan (Zhao *et al.*, 2017; Vadrevu *et al.*, 2019; Hailu *et al.*, 2020). Secara khusus Tsujino *et al.* (2016) menggambarkan peningkatan kebutuhan lahan di Indonesia selain disebabkan oleh pertumbuhan populasi juga tak lepas dari perluasan sawah padi dan tanaman pertanian lainnya serta program transmigrasi. Penutupan lahan adalah tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati akibat aktivitas manusia, sementara itu penggunaan lahan adalah bentuk pemanfaatan atau fungsi dari penutupan lahan (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2014). Analisis tutupan lahan pada dasarnya bertujuan untuk mendeteksi perubahan yang terjadi pada setiap kelas tutupan lahan (Hasyim *et al.*, 2020). Meskipun memberikan manfaat sosial dan ekonomi, perubahan tutupan lahan ini berdampak pada berbagai sektor antara lain kondisi hidrologi daerah aliran sungai (Permatasari *et al.*, 2017; Rotinsulu *et al.*, 2018), penyebaran penyakit akibat perubahan lingkungan (Rosari *et al.*, 2017), dan peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) terutama karbondioksida (Setiawan *et al.*, 2015; Dewa & Sejati, 2019). Bahkan Zhao *et al.* (2017) menyatakan perubahan tutupan lahan merupakan komponen kunci untuk mengetahui perubahan lingkungan global sebagai dampak aktivitas manusia.

Secara global pertumbuhan populasi manusia dan pertumbuhan ekonomi yang pesat diakibatkan oleh masifnya perubahan penggunaan dan tutupan lahan (Boori *et al.*, 2015; Nguyet & Kawasaki, 2017). Selain pertumbuhan ekonomi, Tsujino *et al.* (2016) mengemukakan bahwa pertumbuhan populasi penduduk merupakan faktor tak langsung yang berdampak pada peningkatan kebutuhan lahan dan konversi hutan di Indonesia. Kajian Prasetyo *et al.* (2009) menyebutkan bahwa Provinsi Jawa Timur memiliki tingkat deforestasi tertinggi dibandingkan provinsi lainnya di Pulau Jawa. Pada periode pengamatan tahun 2000 hingga 2005 tersebut, Prasetyo *et al.* (2009) mengemukakan sebagian besar hutan dikonversi menjadi lahan pertanian, perkebunan dan pemukiman. Sementara itu proporsi terbesar

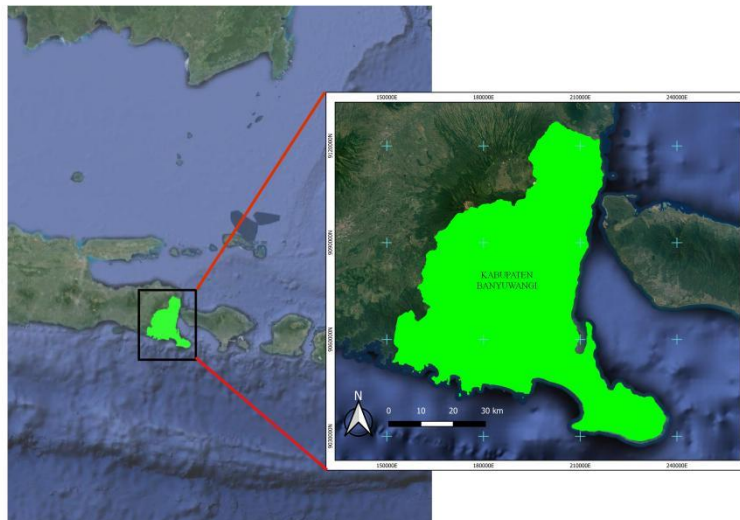
penggunaan lahan di Jawa Timur menurut Dwiprabowo *et al.* (2014) adalah hutan seluas 29,74 %, pertanian tanaman pangan (sawah 29,23 % dan pertanian lahan kering 28,20 %) dan perkebunan seluas 3,69 %.

Kabupaten Banyuwangi merupakan salah satu kabupaten di Jawa Timur dengan tingkat pertumbuhan ekonomi tinggi (Khusaini, 2015; Satria, 2016; dan Nuraini, 2017) dan laju pertumbuhan penduduk sebesar 0,68 % pada tahun 2019 (BPS Banyuwangi, 2019). Sektor berbasis lahan yang terdiri dari pertanian, perkebunan dan kehutanan meliputi lebih dari 57 % luas daratan Banyuwangi (BPS Banyuwangi, 2019). Pemantauan perubahan tutupan lahan dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dengan keunggulan dapat memperoleh informasi tentang objek di bumi tanpa melakukan kontak langsung (Meshesha *et al.*, 2016). Selain itu data penginderaan jauh serta dapat menunjukkan perubahan di area yang sama dalam kurun waktu beberapa tahun sebelumnya. Krisis ekonomi dan reformasi yang terjadi pada tahun 1998 turut mempengaruhi kawasan hutan di Pulau Jawa tak terkecuali Banyuwangi yang mengakibatkan pembalakan liar dan konflik lahan (Prasetyo *et al.*, 2009; Tsujino *et al.*, 2016). Penelitian ini bertujuan untuk memetakan perubahan tutupan lahan di Banyuwangi sebelum masa reformasi dalam rentang waktu antara tahun 1995 hingga tahun 2019.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Banyuwangi yang secara astronomis terletak di antara 7°43' – 8°46' Lintang Selatan dan 113°53' – 114°38' Bujur Timur (Gambar 1). Kabupaten Banyuwangi memiliki wilayah daratan seluas 5.782,5 km², garis pantai sepanjang 175,5 km dan 10 buah pulau. Kabupaten Banyuwangi terdiri dari 25 kecamatan dengan jumlah penduduk pada tahun 2019 sebanyak 1.612.917 jiwa menempati posisi urutan ke 6 jumlah penduduk terbanyak di seluruh Jawa Timur. Topografi wilayah daratan Kabupaten Banyuwangi bagian barat dan utara pada umumnya pegunungan, sedangkan daratan bagian selatan sebagian besar dataran rendah (BPS Banyuwangi, 2020).



Gambar 1. Lokasi penelitian

Jenis dan Sumber Data

Informasi mengenai tutupan lahan diperoleh dari interpretasi citra Landsat multiwaktu, dari tahun 1995 hingga 2019 yang diunduh dari <http://earthexplorer.usgs.gov/> (Tabel 1). Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra satelit Landsat tahun 1995, 2000, 2014 dan 2019. Proses

koreksi dan pemotongan citra, interpretasi dan analisis citra dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak QGIS. Semua data citra satelit yang diunduh diusahakan dengan tutupan awan maksimal 10 %. Kemudian observasi lapangan secara langsung juga dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai kondisi tutupan lahan saat ini.

Tabel 1. Deskripsi data landsat

Tahun	Jenis Sensor Satelit	Tanggal Akuisisi
1995	Landsat 5 Thematic Mapper (TM) Path 117 / Row 66	22 Mei 1995
2000	Landsat 5 Thematic Mapper (TM) Path 117 / Row 66	28 April 2000
2014	Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Path 117 / Row 66	26 September 2014
2019	Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Path 117 / Row 66	11 November 2019

Sumber: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Metode Analisis Data

Interpretasi citra Landsat dilakukan dengan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) untuk membagi tutupan lahan menjadi dua 12 kelas yaitu hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, hutan tanaman, hutan mangrove, perkebunan, pemukiman, pertanian lahan kering, sawah, semak belukar, badan air dan tanah terbuka. Klasifikasi terbimbing merupakan proses pengelompokan piksel citra digital multispektral ke dalam beberapa kelas berdasarkan kategori obyek. Setiap piksel yang berada dalam satu kelas diasumsikan memiliki karakteristik reflektansi

(*digital number/ DN*) yang sama sehingga dapat dibedakan dengan tutupan lahan lainnya (Jaya, 2015). Pada klasifikasi terbimbing dilakukan pemilihan area contoh (*training area*) untuk mencari kelompok-kelompok obyek yang secara spektral terpisah satu dengan lainnya sehingga pola-pola respon spektral yang terdapat dalam citra dapat diekstrak. Hasil klasifikasi terbimbing kemudian diuji untuk mengetahui akurasi hasil klasifikasi dengan menggunakan matrik kesalahan. Jaya (2015) menganjurkan penggunaan akurasi kappa karena akurasi ini mempertimbangkan semua elemen dalam matrik kesalahan (*confusion matrix*) sebagaimana tercantum di Tabel 2.

Tabel 2. Matriks kesalahan

i = baris	J = kolom (referensi)			Jumlah baris n _{j+}
	1	2	K	n _{j+}
1	n ₁₁	n ₁₂	n _{1k}	n ₁₊
2	n ₂₁	n ₂₂	n _{2k}	n ₂₊
K	n _{k1}	n _{k1}	n _{kk}	n _{k+}
Jumlah kolom n _{+j}	n ₊₁	n ₊₂	n _{+k}	N

Secara matematis uji statistik kappa akan digunakan untuk menilai akurasi klasifikasi dari sebuah matriks kesalahan. Nilai koefisien kappa berada pada rentang 0 hingga 1 dan biasanya akan lebih kecil dari nilai akurasi keseluruhan. Akurasi kappa dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}$$

r adalah jumlah baris pada matriks, x_{ii} adalah jumlah pengamatan pada baris i dan kolom i, x_{i+} dan x_{+i} adalah total baris i dan kolom i, sedangkan N adalah jumlah pengamatan. Hasil analisis tutupan lahan selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel perubahan luas dan peta perubahan tutupan lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan

Tutupan lahan hasil klasifikasi terdiri dari 12 kelas yaitu hutan lahan kering primer (Hp), hutan lahan kering sekunder (Hs), hutan tanaman (Ht), hutan mangrove (Hm), perkebunan (Pk), pemukiman (Pm), pertanian lahan kering (Pt), sawah (Sw), semak belukar (B), badan air (A), tambak (Tm), dan tanah terbuka (T). Kenampakan visual citra Landsat pada tiap kelas tutupan lahan di Kabupaten Banyuwangi terdapat dalam Gambar 2, sedangkan peta tutupan lahan pada tiap tahun pengamatan terdapat pada Gambar 3.

Hutan lahan kering primer berupa kenampakan hutan dataran rendah, perbukitan dan pegunungan yang belum menampakkan bekas penebangan (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2014). Hutan lahan kering primer tersebar pada wilayah selatan, barat daya, dan barat laut Banyuwangi. Pada bagian selatan, hutan primer terdapat di kawasan Taman Nasional Alas Purwo, barat daya terdapat di kawasan Taman Nasional Meru Betiri, dan barat laut sebagai bagian dari kawasan Cagar Alam Kawah Ijen Merapi Ungup-Ungup. Sementara itu hutan lahan kering sekunder berupa kenampakan hutan dataran rendah, perbukitan dan pegunungan yang telah menampakkan bekas penebangan, termasuk hutan bekas tebas bakar yang tumbuh kembali (Badan Standardisasi Nasional

Indonesia, 2014). Hutan lahan kering sekunder ini berasosiasi dengan hutan primer, hutan tanaman dan perkebunan di bagian utara dan barat daya Banyuwangi.

Hutan tanaman di Kabupaten Banyuwangi termasuk dalam kawasan tiga Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Perhutani Jawa Timur, yaitu KPH Banyuwangi Utara, KPH Banyuwangi Barat dan KPH Banyuwangi Selatan. Jenis pohon dominan di kawasan KPH Banyuwangi Utara dan KPH Banyuwangi Selatan adalah jati yang sesuai tumbuh di dataran rendah sebagaimana karakteristik KPH Banyuwangi Utara dan Selatan. Sementara itu pinus dan damar adalah jenis pohon utama di KPH Banyuwangi Barat yang terletak di dataran tinggi sekitar Gunung Raung.

Hutan mangrove tersebar di Taman Nasional Alas Purwo di bagian selatan di sekitar muara sungai Segara Anak dan di timur yakni sekitar Teluk Pangpang. Hutan mangrove berupa hamparan vegetasi bakau, nipah dan nibung yang berada di sekitar pantai baik yang belum atau sudah menampakkan bekas penebangan dengan pola alur, bercak dan genangan (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2014). Tutupan lahan perkebunan merupakan seluruh kawasan perkebunan dengan tanaman tahunan (pohon) atau komoditas lainnya dalam hamparan luas, homogen dan pola tanam teratur (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2014). Perkebunan di Banyuwangi termasuk dalam kawasan PTPN XII Jawa Timur yang tersebar di bagian utara, selatan dan barat Banyuwangi. Komoditas perkebunan di Banyuwangi terdiri dari karet, tebu, kopi, kakao dan tanaman keras kayu.

Pemukiman tipe perkotaan yang kerapatannya relatif tinggi terdapat di wilayah utara yakni di pusat Kabupaten Banyuwangi dan di wilayah selatan di Kecamatan Genteng. Namun hasil tinjauan di lapangan menunjukkan sebagian besar pemukiman di Banyuwangi termasuk tipe pemukiman pedesaan yang kerapatannya relatif rendah serta berasosiasi dengan vegetasi pekarangan, pertanian lahan kering dan sawah (Hakim *et al.*, 2018). Pertanian lahan kering dan sawah tersebar merata di seluruh wilayah

Banyuwangi, berupa tegalan, kebun campuran dan ladang. Sementara itu sawah dicirikan dengan adanya pola pematang, termasuk sawah musiman, sawah tadah hujan dan sawah irigasi (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2014).

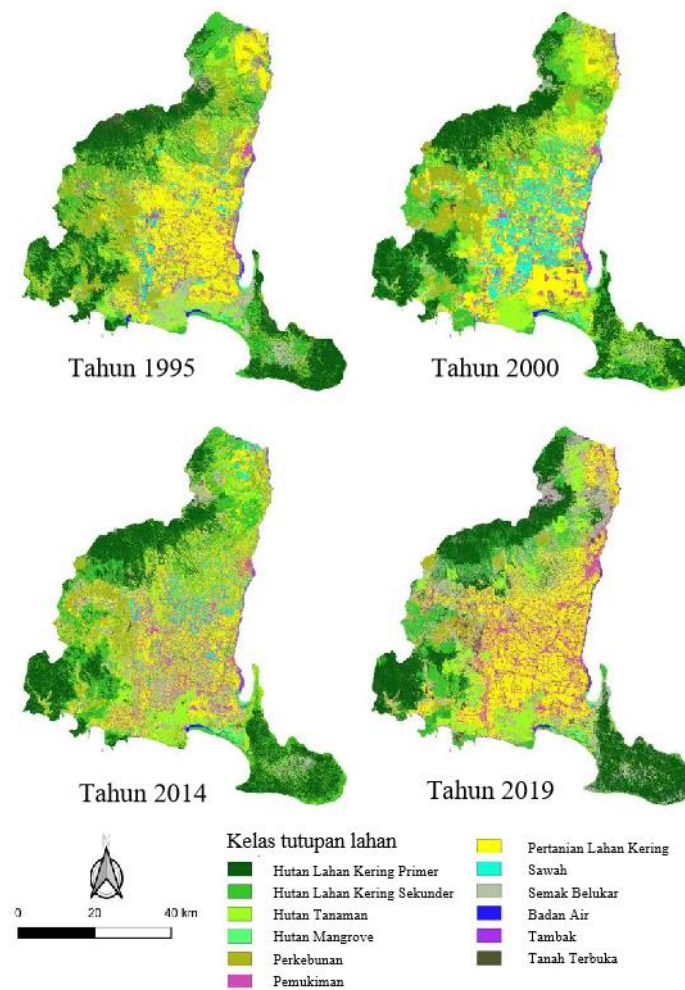
Semak belukar berupa kawasan bekas hutan lahan kering yang telah ditumbuhi dengan berbagai vegetasi alami heterogen dan homogen dengan tingkat kerapatan jarang (Badan Standardisasi

Nasional Indonesia, 2014). Semak belukar banyak ditemukan di kawasan Taman Nasional Alas Purwo dan Cagar Alam Kawah Ijen. Badan air berupa kenampakan perairan termasuk laut, sungai, danau, waduk, terumbu karang dan padang lamun (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2014) yang terdapat di bagian selatan adalah Sungai Segara Anak yang masuk dalam kawasan Taman Nasional Alas Purwo.



Sumber: diolah dari citra Landsat 8 kombinasi band 6-5-4

Gambar 2. Kenampakan tutupan lahan dari citra Landsat di Kabupaten Banyuwangi (Skala 1:50.000)



Gambar 3. Peta tutupan lahan di Kabupaten Banyuwangi tahun 1995 hingga 2019

Tambak berupa aktivitas perikanan darat atau penggaraman yang tampak dengan pola pematang di sekitar pantai (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2014). Hasil klasifikasi lahan tambak dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian Setyaningrum *et al.* (2019) yang menyebutkan tambak di Banyuwangi tersebar di sepanjang pesisir timur Banyuwangi mulai dari utara yakni Wongsorejo hingga Muncar di bagian selatan. Area lahan terbuka yang relatif luas umumnya terdapat pada pertambangan, atau lahan terbuka sebagai bagian dari persiapan pembangunan pemukiman. Tanah terbuka terletak di bagian selatan merupakan area pertambangan Tumpang Pitu, dan bagian barat laut di sekitar Cagar Alam Kawah Ijen Merapi Ungup-Ungup.

Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1995 – 2019

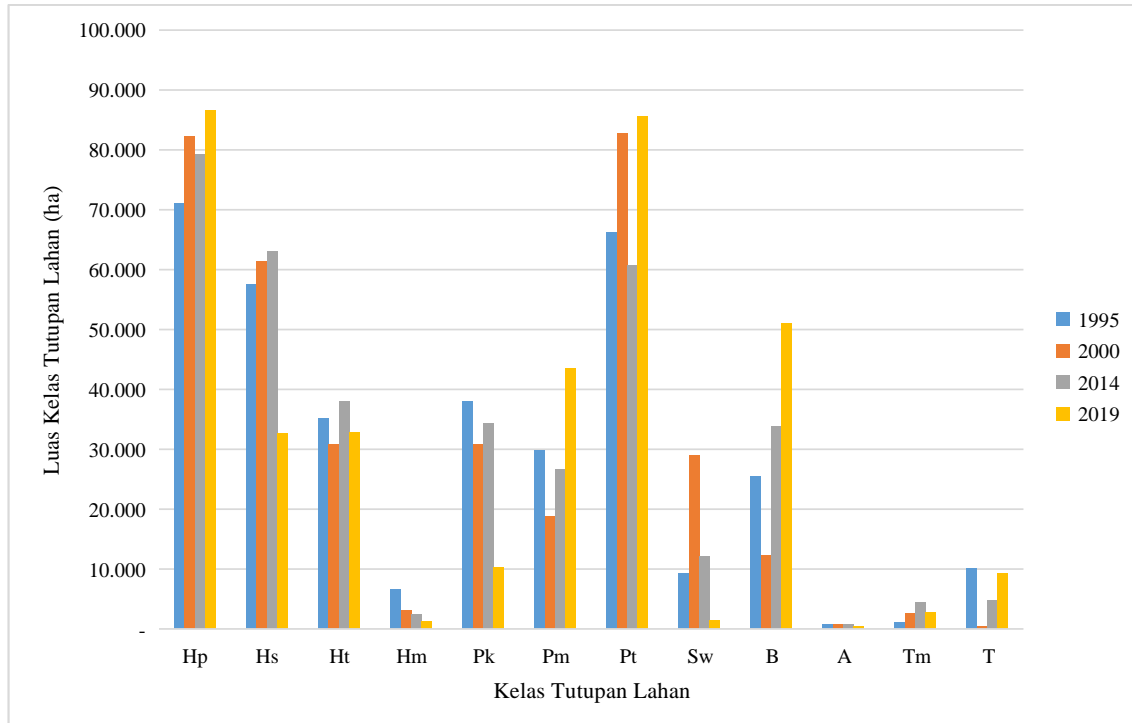
Perubahan tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4 yang menunjukkan perubahan masing-masing luas tutupan lahan pada tahun 1995, 2000, 2014 dan 2019. Berdasarkan Gambar 4 tersebut, tutupan lahan di Kabupaten Banyuwangi dari tahun 1995 sampai 2019 didominasi oleh hutan lahan kering primer, pertanian lahan kering, hutan lahan kering sekunder, perkebunan, hutan tanaman, semak belukar dan pemukiman. Pada jangka waktu antara tahun 1995 hingga 2019, semua kelas tutupan lahan mengalami perubahan luas atau konversi ke tutupan lahan lainnya. Namun perubahan tutupan lahan dalam tiga periode pengamatan tersebut tidak memiliki pola yang sama.

Tabel 3. Luas tutupan lahan tahun 1995, 2000, 2014 dan 2019 di Kabupaten Banyuwangi

No	Kelas Tutupan Lahan	Luas (ha)			
		1995	2000	2014	2019
1	Hutan Lahan Primer	71.010	82.243	79.198	86.585
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	57.562	61.292	63.008	32.721
3	Hutan Tanaman	35.173	30.811	37.995	32.792
4	Hutan Mangrove	6.573	3.078	2.387	1.269
5	Perkebunan	37.918	30.742	34.284	10.250
6	Pemukiman	29.862	18.794	26.717	43.490
7	Pertanian Lahan Kering	66.256	82.825	60.664	85.589
8	Sawah	9.216	28.986	12.027	1.499
9	Semak Belukar	25.460	12.334	33.739	51.050
10	Badan Air	781	711	674	420
11	Tambak	1.108	2.524	4.407	2.694
12	Tanah Terbuka	10.025	453	4.789	9.333

Pada tahun 1995 pertanian lahan kering seluas 66.256 ha terus bertambah walaupun sempat berkurang antara tahun 2000 – 2014, hingga pada tahun 2019 tercatat seluas 85.589 ha. Luas sawah pada tahun 2000 meningkat pesat dibandingkan tahun 1995, namun terus menurun hingga pada tahun 2019. Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat tutupan hutan primer berubah dari 71.010 ha pada tahun 1995 menjadi 86.585 ha pada tahun 2019, sementara itu

perubahan hutan sekunder lebih dinamis yakni bertambah luas pada tahun 2000 dan 2014 kemudian berkurang pada tahun 2019 menjadi 32.721 ha. Hutan tanaman mengalami perubahan luas berturut-turut mulai tahun 1995, 2000, 2014 dan 2019 sebesar 35.173 ha, 30.811 ha, 37.995 ha dan 32.792 ha. Hutan tanaman berkurang akibat konversi menjadi perkebunan, pertanian lahan kering, sawah, belukar dan tanah terbuka.



Gambar 4. Grafik perubahan luas tutupan lahan tahun 1995, 2000, 2014 dan 2019

Luas perkebunan pada tahun 1995 seluas 37.918 ha menjadi 10.250 ha pada tahun 2019, penyusutan luas paling banyak terjadi di antara tahun 2014 dan 2019. Hasil analisis data menunjukkan perkebunan

dikonversi menjadi pertanian lahan kering dan tanah terbuka. Pada rentang waktu 1995 hingga 2019, luas hutan mangrove terus berkurang hingga tersisa 2.694 ha. Luas pemukiman pada tahun 1995 terdeteksi

29.862 ha, kemudian terjadi penurunan luas pada tahun 2000 dan 2014, hingga pada 2019 meningkat mencapai 43.490 ha. Fenomena penurunan luas pemukiman ini dapat diakibatkan piksel pemukiman pada tahun 2000 dan 2014 terklasifikasi menjadi pertanian lahan kering, sawah, belukar, tambak dan tanah terbuka. Hasil analisis citra Landsat menunjukkan pertanian lahan kering bertambah luas akibat konversi hutan tanaman dan perkebunan.

Perubahan tutupan lahan semak belukar berkurang pada rentang tahun 1995 dari 25.460 ha menjadi 12.334 ha pada tahun 2000, kemudian terus bertambah pada tahun 2014 dan 2019 berturut-turut sebesar 33.739 ha dan 51.050 ha. Tutupan lahan tambak mengalami penambahan luas pada tahun 1995, tahun 2000 dan tahun 2014 dengan luas berurutan 1.108 ha, 2.524 ha dan 4.407 ha. Kemudian luas tambak berkurang menjadi 2.694 ha pada tahun 2019. Hasil analisis tutupan tanah terbuka mengalami penurunan luas dari 10.025 ha tahun 1995 menjadi 453 ha dan 4.789 ha pada tahun 2000 dan 2014. Namun pada tahun 2019 luas lahan terbuka teridentifikasi meningkat hingga seluas 9.333 ha.

Pembahasan

Uji akurasi kappa pada hasil klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan membandingkan data lapangan dan gambar resolusi tinggi dari *Google Earth* tahun 2019 dengan klasifikasi tutupan lahan tahun 2019. Hasil akurasi kappa pada masing-masing citra adalah 80,60 %, 80,44 %, 81,64 % dan 80,02 % secara berturut-turut pada hasil klasifikasi tahun 1995, 2000, 2014 dan 2019. Nilai akurasi kappa ini menunjukkan bahwa hasil klasifikasi tutupan lahan dalam penelitian ini termasuk dalam rentang nilai baik dan dapat diterima untuk dilakukan analisis selanjutnya (Rwanga & Ndambuki, 2017).

Secara visual hasil klasifikasi citra satelit ini sesuai dengan kajian Kosasih *et al.* (2019) yakni hutan primer dan hutan sekunder memiliki warna hijau tua dan hijau muda dengan tekstur kasar dan pola tidak beraturan. Karakteristik hutan tanaman dicirikan dengan warna hijau (pinus) dan hijau kecoklatan (jati) dengan tekstur sedang hingga halus dan pola teratur, hampir sama dengan perkebunan. Penampakan visual pertanian lahan kering berwarna kuning - hijau muda, dengan tekstur kasar dan tidak beraturan, hampir serupa dengan semak belukar yang berwarna kuning bercampur hijau muda, bertekstur kasar dengan pola tidak teratur (Kosasih *et al.*, 2019). Pemukiman dan tanah terbuka memiliki ciri visual yang hampir sama, yakni berwarna kemerahan, namun pemukiman

bertekstur kasar dengan pola teratur mengikuti pola jalan sedangkan bertekstur halus dengan pola tidak teratur (Kosasih *et al.*, 2019). Kemudian badan air dan tambak yang sama berwarna biru gelap, namun badan air bertekstur halus dengan pola tidak teratur, sedangkan tambak bertekstur halus hingga kasar dan terletak di pesisir pantai serta berbentuk persegi (Arifin *et al.*, 2015).

Kecenderungan perubahan luas hutan primer dan hutan sekunder di Banyuwangi ini sama dengan penelitian Dwiprabowo *et al.*, (2014) tentang perubahan luas hutan primer dan sekunder di Jawa Timur. Tutupan lahan primer cenderung tidak berubah karena sebagian besar termasuk dalam hutan lindung dan hutan konservasi di dalam kawasan taman nasional. Klasifikasi tutupan hutan primer dan hutan sekunder sulit dibedakan batasnya (Setiawan *et al.*, 2013), bahkan pada peta tutupan lahan yang diterbitkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan batas antara hutan primer dan sekunder digambarkan (delineasi) secara manual. Meskipun metode tersebut membutuhkan waktu yang lama namun akurasi hasil klasifikasi tutupan hutan tergolong tinggi (> 90 %), karena didukung dengan verifikasi lapangan dan pengetahuan lokal dari operator (KLHK, 2020).

Berkurangnya luas hutan tanaman antara tahun 2014 dan 2019, karena pada tahun 2019 hutan tanaman terklasifikasi berubah menjadi belukar terutama di Banyuwangi selatan dan utara yang merupakan wilayah Perhutani dengan pohon jati sebagai spesies utamanya. Hal ini dikuatkan oleh pernyataan Setiawan *et al.* (2013) bahwa hutan tanaman jati akan menggugurkan daunnya (meranggas) selama musim kemarau dan hal inilah yang menyebabkan hutan tanaman terklasifikasi sebagai belukar. Setiawan *et al.* (2013) mencatat perkebunan yang tersebar secara luas di Pulau Jawa dicirikan dengan suatu area yang ditanami dengan tanaman perkebunan seperti karet dan kelapa sawit. Hutan tanaman dan perkebunan terletak berdekatan (berasosiasi) dan memiliki pola temporal yang hampir sama yakni berdasarkan musim tanam dan pemeliharaan termasuk penyiangan dan penanaman kembali. Lebih lanjut disebutkan bahwa interpretasi hutan tanaman, perkebunan dan kebun campuran sulit dibedakan jika hanya berdasarkan pada sifat temporal vegetasinya.

Hapsari dan Permatasari (2020) menyatakan hutan mangrove di sekitar Teluk Pangpang berkurang akibat dikonversi menjadi tambak. Selain itu hasil pengamatan langsung di lapangan menunjukkan

perubahan tambak menjadi semak belukar. Hal ini terjadi karena sejumlah tambak sudah tidak dikelola, sehingga tidak terpelihara dan ditumbuhi oleh jenis-jenis semak-belukar (Junaidi, 2016; Masbakha, 2016). Ekosistem rehabilitasi dan ekosistem alami juga dapat mengalami konversi menjadi lahan tambak untuk budidaya perikanan (Parwati *et al.*, 2011; Jumaedi, 2016; Raharjo *et al.*, 2016). Kondisi mangrove di Teluk Pangpang menurut Buwono *et al.* (2015) tergolong baik, tetapi masih terjadi pelanggaran seperti penebangan dan pengambilan cacing laut yang berpotensi merusak ekosistem hutan mangrove. Kegiatan rehabilitasi mangrove di Teluk Pangpang pada tahun 2014 hingga 2018 yang berkontribusi pada perluasan hutan mangrove (Hapsari dan Permatasari, 2020).

Fenomena penurunan luas pemukiman berkebalikan dengan beberapa hasil penelitian yang menunjukkan kecenderungan luas pemukiman terus bertambah seiring dengan pertambahan populasi penduduk khususnya di wilayah perkotaan (Dwiprabowo *et al.*, 2014; Nahib, 2016; dan Vadrevu, *et al.*, 2019). Konversi lahan pertanian menjadi lahan pemukiman dan lahan terbangun lainnya terjadi sebagai akibat dari peningkatan jumlah penduduk dan peningkatan perekonomian daerah (Harini *et al.*, 2012; Nguyen *et al.*, 2016; Azadi *et al.*, 2018; Rosdiana *et al.*, 2018). Pertambahan luas semak belukar yang signifikan pada tahun 2019 ini disebabkan oleh tutupan hutan tanaman jati yang terklasifikasi menjadi semak belukar. Hal ini didukung oleh pernyataan Setiawan *et al.*, (2013) bahwa tajuk atau kanopi hutan tanaman jati yang meranggas saat musim kemarau akan terklasifikasi sebagai semak belukar.

Hal ini tidak mengherankan karena Setyaningrum *et al.* (2019) menyebutkan pesisir Banyuwangi memiliki wilayah pesisir yang sesuai untuk pengembangan budidaya perikanan tambak. Hal ini sesuai dengan hasil analisis data menunjukkan pertambahan luas tambak akibat konversi hutan mangrove, belukar dan badan air. Beberapa hasil penelitian menunjukkan kecenderungan luas hutan mangrove berkurang akibat dikonversi menjadi tambak untuk budidaya ikan (*aqua-culture*) (Sandilyan & Kathiresan, 2012; Herbeck *et al.*, 2020; Aslan *et al.*, 2021; Hamilton, 2013).

Pada daerah tropis seperti Indonesia, karakteristik beberapa tutupan lahan akan berbeda secara temporal sesuai dengan musimnya, misalnya hasil interpretasi tutupan lahan sawah yang berbeda antara musim hujan dan musim kemarau. Verburg *et al.* (2009) menambahkan sistem tanam tersebut

memiliki pola tanam bergantian antara lahan kosong - lahan tergenang - padi - lahan kosong - tanaman sekunder (palawija) yang urutannya berulang dari tahun ke tahun. Pola ini menyebabkan perubahan luas tutupan lahan sawah dan pertanian lahan kering yang bergantian antara tahun 1995 dan 2000 pada lokasi yang sama (Gambar 3). Ketika citra landsat diakuisisi pada musim hujan, maka tutupan lahan hasil klasifikasi menunjukkan sawah, namun ketika musim kemarau terklasifikasi menjadi pertanian lahan kering. Hal yang sama dikemukakan oleh Setiawan *et al.* (2013) dan Cheolman (2016) bahwa hasil klasifikasi lahan pertanian dapat bervariasi tergantung pada tanggal akuisisi citra karena tampilan di citra satelit dipengaruhi oleh musim tanam dan panen tanaman.

Perubahan luas lahan terbuka di area sekitar Cagar Alam Kawah Ijen Merapi Ungup-Ungup diduga akibat tumbuhnya beberapa spesies tumbuhan invasif sehingga menjadi semak belukar sebagaimana disebutkan oleh Hapsari *et al.* (2014). Spesies tumbuhan invasif dengan habitus semak hingga pohon tersebut tumbuh subur membentuk tegakan rapat dan menyebar dengan cepat karena sebagian besar memiliki kemampuan beradaptasi yang baik terhadap lingkungan miskin hara. Peningkatan luas tanah terbuka pada tahun 2014 dan 2019 terkait oleh izin eksplorasi pertambangan emas di area Tumpang Pitu pada tahun 2008 dengan luas konsesi mencapai 11.621,45 ha (Jamilah *et al.*, 2016). Aktivitas pertambangan di suatu lokasi juga berdampak pada perubahan tutupan lahan, yakni memicu pada peningkatan luas lahan terbuka (Madasa *et al.*, 2021).

Pemetaan tutupan lahan adalah proses yang rumit dengan banyak faktor yang mempengaruhi kualitas produk akhir. Phiri & Morgenroth (2017) menyebutkan hasil klasifikasi yang baik dari citra Landsat dipengaruhi oleh sejumlah faktor yakni metode klasifikasi yang digunakan, kualitas di tahap pra-pengolahan citra dan jenis citra Landsat yang digunakan. Metode klasifikasi terbimbing dalam penelitian ini adalah *maximum likelihood* yang seringkali digunakan sebagai algoritma standar dalam klasifikasi tutupan lahan. Namun Khatami *et al.* (2016) menyatakan algoritma *maximum likelihood* menghasilkan nilai akurasi yang relatif rendah bila dibandingkan dengan algoritma *support vector machines* dan *neural network methods*. Hal ini dapat dikuatkan oleh pernyataan Lu & Weng (2007) bahwa pengklasifikasi parametrik seperti *maximum likelihood* tidak dapat digunakan pada data tutupan lahan dengan keragaman tinggi.

Klasifikasi terbimbing mengelompokkan objek tutupan lahan dengan nilai reflektan pada piksel yang hampir sama ke dalam satu kelas (Nugroho *et al.*, 2015). Klasifikasi berbasis piksel ini memiliki kelemahan seperti efek *salt-and-pepper* (kesalahan klasifikasi yang berbentuk titik-titik piksel) dan piksel berisikan lebih dari satu jenis obyek tutupan lahan (piksel campuran) yang lazim ditemukan di citra resolusi menengah seperti Landsat (Phiri & Morgenroth, 2017). Kosasih *et al.* (2019) menambahkan adanya piksel campuran tersebut seringkali menyebabkan ketidaksesuaian antara hasil klasifikasi dengan kondisi objek sebenarnya di lapangan, sehingga mengakibatkan kesalahan dalam klasifikasi. Selain itu keberadaan awan dan bayangan awan pada data citra menyebabkan informasi pada area yang tertutup awan tidak bisa diidentifikasi. Oleh karena itu beberapa area terklasifikasi menjadi tutupan lahan lain dengan karakteristik spektral yang mirip seperti sawah, permukiman, dan pertanian lahan kering. Kemiripan nilai reflektan ini menyebabkan ketidaksesuaian dalam proses klasifikasi sehingga terjadi kesalahan identifikasi kelas tutupan lahan (Nugroho *et al.*, 2015).

KESIMPULAN

Tutupan lahan di Kabupaten Banyuwangi pada rentang waktu antara tahun 1995 hingga 2019 mengalami perubahan yang dinamis atau tidak terdapat satu kecenderungan. Sebanyak dua belas kelas tutupan lahan mengalami perubahan luas atau berubah menjadi tutupan lahan lainnya. Selama tahun pengamatan tersebut hanya terdapat dua tutupan lahan yang memiliki kecenderungan terus berkurang yakni hutan mangrove dan badan air. Kelas tutupan lahan yang mengalami penambahan luas signifikan adalah semak belukar, sementara itu tutupan lahan perkebunan mengalami penurunan luas terbesar. Persentase perubahan luas lahan terbesar terjadi antara tahun 2014 – 2019 yakni sebesar 40,03 % dari luas total Kabupaten Banyuwangi.

SARAN

Kajian penyebab perubahan tutupan lahan dapat dilakukan dengan menambahkan input berupa faktor sosial dan ekonomi. Prediksi perubahan tutupan lahan pada masa yang akan datang dapat dikaji berdasarkan kecenderungan perubahan penggunaan lahan sebelumnya. Selain itu kajian arahan pengendalian perubahan tutupan dan penggunaan lahan, selain berdasarkan analisis spasial dapat ditambahkan analisis lain seperti SWOT atau AHP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Keuangan yang telah memberikan dukungan finansial melalui beasiswa Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP). Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada para reviewer atas segala saran dan masukan pada naskah publikasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S., Annas, A., Sari, N. M., & Kushardono, D. (2015). Identifikasi dan interpretasi visual citra kamera digital multispektral untuk objek wilayah pesisir. dalam Sambodo, K. A. Kartasmita, M. Hasyim, B. Kushardono, D. Adiningsih, E. S. Asriningrum, W. Dewanti, R. & Harsanugraha W. K. (Eds.), *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, (p.560–566). Bogor: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Aslan, A., Rahman, A. F., Robeson, S. M., & Ilman, M. (2021). Land-use dynamics associated with mangrove deforestation for aquaculture and the subsequent abandonment of ponds. *Science of The Total Environment*, 791: 1-12, 2021148320. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148320>
- Azadi, H., Keramati, P., Taheri, F., Rafiaani, P., Teklemariam, D., Gebrehiwot, K., Hosseininia, G., Van Passel, S., Lebailly, P., & Witlox, F. (2018). Agricultural land conversion: Reviewing drought impacts and coping strategies. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 184–195.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banyuwangi. (2020). Kabupaten Banyuwangi Dalam Angka 2020. Banyuwangi: BPS Kabupaten Banyuwangi.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2014). Klasifikasi penutup lahan - Bagian 1 : Skala kecil dan menengah (SNI 7645-1:2014). pp. i–51.
- Boori, M. S., Voz'eni'lek, V., & Choudhary, K. (2015). Land use/cover disturbance due to tourism in Jeseníky Mountain, Czech Republic: A remote sensing and GIS based approach. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 18, 17–26.
- Buwono, Y. R., Ardhana, I. P. ., & Sudarma, M. (2015). Potensi fauna akuatik ekosistem hutan mangrove di kawasan Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi. *ECOTROPHIC : Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 9(2), 28-33.
- Cheolmin, Kim. (2016). Land use classification and land use change analysis using satellite images in Lombok Island, Indonesia. *Forest Science and Technology* ISSN:, 12(4), 183–191. <https://doi.org/10.1080/21580103.2016.1147498>
- Dewa, D. D., & Sejati, A. W. (2019). Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap emisi GRK pada wilayah cepat tumbuh di Kota Semarang. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 01(01), 24–31.
- Dwiprabowo, H., Djaenuddin, D., Alviya, I., & Wicaksono, D. (2014). *Dinamika Tutupan Lahan: Pengaruh Faktor Sosial Ekonomi*. Yogyakarta: Penerbit PT Kanisius.

- Hakim, L., Pamungkas, N. R., Wicaksono, K. P., & Soemarno. (2018). The conservation of osingnese traditional home garden agroforestry in Banyuwangi, East Java, Indonesia. *Journal of Agricultural Science*, 40(3), 506–514.
<http://doi.org/10.17503/agrivita.v40i3.1605>
- Hamilton, S. (2013). Assessing the role of commercial aquaculture in displacing mangrove forest. *Bulletin of Marine Science*, 89(2), 585-601.
<http://dx.doi.org/10.5343/bms.2012.1069>.
- Hapsari, K. C. P., & Dinda Ayu Permatasari. (2020). Changes of mangrove area in Pangpang Bay, Banyuwangi 2014-2018 using Landsat-8 imagery. *Journal of Physics: Conference Series 4th International Seminar on Sensors, Instrumentation, Measurement and Metrology*, 1-6
- Hapsari, L., Basith, A., & Novitasiah, H. R. (2014). Inventory of invasive plant species along the corridor of Kawah Ijen Nature Tourism Park, Banyuwangi, East Java. *Journal of Indonesian Tourism and Development Studies*, 2(1), 1–9.
- Harini, R., Yunus, H. S., & Hartono, S. (2012). Agricultural land conversion: determinants and impact for food sufficiency in Sleman Regency. *Indonesian Journal of Geography*, 44(2), 120-133.
- Herbeck, L. S., Krumme, U., Andersen, T. J., & Jennerjahn, T. C. (2020). Decadal trends in mangrove and pond aquaculture cover on Hainan (China) since 1966: mangrove loss, fragmentation and associated biogeochemical changes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 233, 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106531>
- Jamilah, J., Ismail, M., & Syarif, E. (2020). Gold mining related conflict in Tumpang Pitu Banyuwangi East Java. dalam Hariguna, T. & Shih Chih Chen (Eds.), *The 1st International Conference on Recent Innovations* (pp. 1643–1650). Jakarta: SCITEPRESS-Science and Technology Publications, Lda.
- Jumaedi, S. (2016). Nilai manfaat hutan mangrove dan faktor-faktor penyebab konversi zona sabuk hijau (Greenbelt) menjadi tambak di wilayah pesisir Kota Singkawang Kalimantan Barat. *Jurnal Sosiohumaniora*, 18(3), 227-234
<https://doi.org/10.24198/sosiohumaniora.v18i3.10104>
- Junaidi, M. (2016). Faktor-faktor yang menyebabkan alih fungsi lahan dari tambak menjadi perumahan di Kelurahan Wonorejo Kecamatan Rungkut Kota Surabaya Abstrak. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 3(3), 378–383.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Rekalkulasi Penutupan Lahan Indonesia Tahun 2019. Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Khatami, R., Mountrakis, G., & Stehman, S. V. (2016). A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research. *Remote Sensing of Environment*, 177, 89–100.
- Kosasih, D., Saleh, M. B., & Prasetyo, L. B. (2019). Interpretasi visual dan digital untuk klasifikasi tutupan lahan di Kabupaten Kuningan, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 24(2), 101–108. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI>
DOI: 10.18343/jipi.24.2.101
- Lu, D., & Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5), 823–870.
- Madasa, A., Orimoloye, I.R., Ololade, O.O. (2021). Application of geospatial indices for mapping land cover/use change detection in amining area. *J. Afr. Earth Sci.* 175, 104-108.
- Madasa, A., Orimoloye, I. R., & Ololade, O. O. (2021). Application of geospatial indices for mapping land cover/use change detection in a mining area. *Journal of African Earth Sciences*, 175, 1-12.
<https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2021.104108>
- Masbakha, N. (2016). Kajian alih fungsi lahan tambak di kecamatan Manyar kabupaten Gresik. *Swara Bumi*, 04(01), 87–92.
- Meshesha, T. W., Tripathi, S. K., & Khare, D. (2016). Analyses of land use and land cover change dynamics using GIS and remote sensing during 1984 and 2015 in the Beressa Watershed Northern Central Highland of Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(4), 1–12. DOI 10.1007/s40808-016-0233-4
- Nahib, I. (2016). Prediksi spasial dinamika areal terbangun kota semarang dengan menggunakan model regresi logistik. *Majalah Ilmiah Globè*, 18(2), 95–104. DOI: 10.24895/MIG.2016.18-2.421
- Nguyen, T. H. T., Tran, V. T., Bui, Q. T., Man, Q. H., & Walter, T. de V. (2016). Socio-economic effects of agricultural land conversion for urban development: Case study of Hanoi, Vietnam. *Land Use Policy*, 54, 583–592.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.02.032>
- Nguyet, A., & Kawasaki, A. (2017). Integrating biophysical and socio-economic factors for land-use and land-cover change projection in agricultural economic regions. *Ecological Modelling*, 344, 29–37.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.11.004>
0304-3800/
- Nugroho, U. C., Yudhatama, D., & Mukhoriyah. (2015). Identifikasi lahan tambang timah menggunakan metode klasifikasi terbimbing maximum likelihood pada citra Landsat 8. *Majalah Globe*, 17(1), 9–15.
- Permatasari, R., Arwin, & Natakusumah, D. K. (2017). Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap rezim hidrologi DAS (Studi Kasus: DAS Komerling). *Jurnal Teknik Sipil*, 24(1), 91–98.
DOI: 10.5614/jts.2017.24.1.11
- Phiri, D., & Morgenroth, J. (2017). Developments in landsat land cover classification methods: A review. *Remote Sensing*, 9(9), 1–25.
<https://doi.org/10.3390/rs9090967>

- Prasetyo, L. B., Kartodihardjo, H., Adiwibowo, S., Okarda, B., & Setiawan, Y. (2009). Spatial model approach for deforestation: Case Study in Java Island, Indonesia. *Journal of Integrated Field Science*, 6, 37-44.
- Raharjo, P., Setiady, D., Zallesa, S., & Putri, E. (2016). Identifikasi kerusakan pesisir akibat konversi hutan bakau (Mangrove) menjadi lahan tambak di kawasan pesisir Kabupaten Cirebon. *Jurnal Geologi Kelautan*, 13(1), 9-24.
DOI: <http://dx.doi.org/10.32693/jgk.13.1.2015.258>
- Rosari, R., Bakri, S., Santoso, T., & Wardani, D. (2017). Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap insiden penyakit tuberkulosis paru: Studi di Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*, 5(1), 71-80.
<http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JHT/article/view/1302>.
- Rosdiana, A. C., Elmira, G., & MP, R. A. (2018). The Agricultural land conversion: Finding the Legal, Social and Economic Impacts. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 192, 108-112.
- Rotinsulu, W., Walangitan, H., & Ahmad, A. (2018). Analisis perubahan tutupan lahan DAS Tondano, Sulawesi Utara selama periode tahun 2002 dan 2015. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), 161-169.
doi: 10.29244/jpsl.8.2.161-169
- Rwanga, S. S., & Ndambuki, J. M. (2017). Accuracy Assessment of Land Use / Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Geosciences*, 8, 611-622.
<https://doi.org/10.4236/ijg.2017.84033>.
- Sandilyan, S., & Kathiresan, K. (2012). Mangrove conservation: A global perspective. *Biodiversity and Conservation*, 21(14), 3523-3542.
DOI 10.1007/s10531-012-0388-x.
- Setiawan, G., Syaufina, L., & Puspaningsih, N. (2015). Estimasi hilangnya cadangan karbon dari perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Bogor. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 5(2), 141-147.
- Setiawan, Y., Yoshino, K., & Philpot, W. D. (2013). Characterizing temporal vegetation dynamics of land use in regional scale of Java Island, Indonesia. *Journal of Land Use Science*, 8(1), 1-30. doi: 10.19081/jpsl.5.2.141
<https://doi.org/10.1080/1747423X.2011.605178>
- Setyaningrum, E. W., Maghdalena, Dewi, A. T. K., Yuniartik, M., & Masithah, E. D. (2019). Coastal ecosystem model based on environmental suitability and carrying capacity of the fishpond in Banyuwangi Region, East Java, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, p 236. 1-14.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012045>
- Tsujino, R., Yumoto, T., Kitamura, S., Djameluddin, I., & Darnaedi, D. (2016). History of forest loss and degradation in Indonesia. *Land Use Policy*, 57, 335-347.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.05.034>
- Vadrevu, K., Heinemann, A., Gutman, G., & Justice, C. (2019). Remote sensing of land use/cover changes in South and Southeast Asian Countries. *International Journal of Digital Earth*, 8947(12:10), 1099-1102.
DOI: 10.1080/17538947.2019.1654274
- Verburg, P. H., van de Steeg, J., Veldkamp, A., & Willemen, L. (2009). From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization. *Journal of Environmental Management*, 90(3), 1327-1335.
<https://doi:10.1016/j.jenvman.2008.08.005>
- Zhao, J., Yang, Y., Zhao, Q., & Zhao, Z. (2017). Effects of ecological restoration projects on changes in land cover: A case study on the Loess Plateau in China. *Scientific Reports*, 7(March), 1-12.
<https://doi.org/10.1038/srep44496>