

## Analisis ekologi bentanglahan di Taman Nasional Baluran dan sekitarnya

Alfi Wira Wijaya<sup>1</sup>, Ardyani Putri Wijaya<sup>1</sup>, Aulia Ika Rahmawati<sup>1</sup>, Eni Paryani<sup>1</sup>, Heni Dwi Lestari<sup>1</sup>, Ikhwan Amri<sup>1</sup>, Lutfi Ardianti<sup>1</sup>, Syella Rachma Putri<sup>1</sup>, Eko Haryono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

\*Email koresponden: [alfi.w@mail.ugm.ac.id](mailto:alfi.w@mail.ugm.ac.id)

Direvisi: 2019-05-25. Diterima: 2020-02-21  
©2020 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI)

**Abstrak** Taman Nasional Baluran memiliki kondisi geomorfologi dan iklim yang khas sehingga dapat membentuk sabana. Masalah yang terjadi di Taman Nasional Baluran adalah adanya perubahan penutup lahan seiring berjalannya waktu. Kondisi tersebut diikuti dengan perubahan struktur ekologi bentanglahan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola penutup lahan berdasarkan aspek geomorfologi dan dinamika perubahannya di Taman Nasional Baluran. Teknik sistem informasi geografis dan penginderaan jauh digunakan untuk menginterpretasi kondisi geomorfologi dan penutup lahan. Analisis ini juga menggunakan software FRAGSTAT untuk mengkuantifikasi *landscape metrics*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap penutup lahan memiliki pola sesuai dengan kondisi geomorfologi. Temuan lain menunjukkan bahwa penutup lahan semak dan belukar, sabana, serta hutan lahan rendah mengalami perubahan luas secara signifikan selama tahun 1997-2019. Fragmentasi yang terjadi pada penutup lahan di Taman Nasional Baluran, terutama sabana yang mengalami penurunan luas, turut mengancam kelestarian habitat flora dan fauna asli.

**Kata kunci:** ekologi bentanglahan, fragmentasi, geomorfologi, penutup lahan, taman nasional.

**Abstract** Baluran National Park has unique geomorphology and climate conditions, so savannas possibly formed. The problem that happened in Baluran National Park is the land cover changes over time. The condition then followed by the change of landscape ecology structures. Therefore, this study aims to analyze land cover patterns based on geomorphological aspects and the change dynamics in Baluran National Park. Geographic information systems and remote sensing techniques were used to interpret the geomorphological and land cover condition. This analysis also used FRAGSTAT software to quantify landscape metrics. The result showed that each land cover has a pattern in accordance with geomorphological characteristics. Other findings showed that the land cover of shrubs, savannas, and lowland forests underwent significant changes during 1997-2019. The fragmentation that has occurred on Baluran National Park's land cover, especially savannas that have decreased in area, also threatens the preservation of native flora and fauna habitats.

**Keywords:** landscape ecology, fragmentation, geomorphology, land cover, national park.

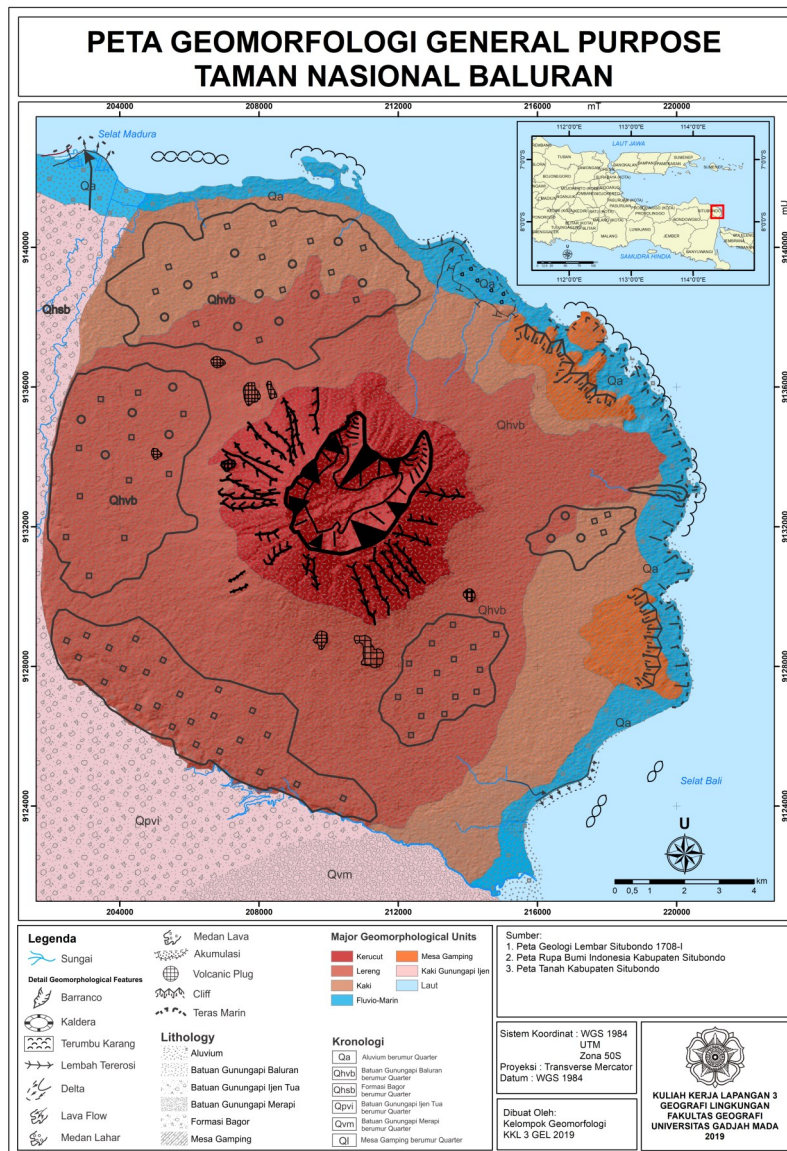
### PENDAHULUAN

Ekologi bentanglahan merupakan studi pola dan interaksi antara ekosistem dalam suatu wilayah dan cara interaksi tersebut mempengaruhi suatu proses ekologis terutama efek heterogenitas spasial (Clark, 2010). Ekologi bentanglahan yang unik di Indonesia salah satunya terdapat di Taman Nasional Baluran. Taman Nasional Baluran secara geomorfologi terbentuk oleh adanya aktivitas gunungapi Baluran di masa lampau. Bekas-bekas aktivitas gunungapi yang mati tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 yaitu adanya bentuklahan seperti kerucut, lereng, dan kaki gunungapi. Aktivitas vulkanik tersebut kemudian menghasilkan material piroklastik yang keras. Adanya perkembangan material seiring berjalannya waktu menghasilkan pola penutup lahan yang membentuk suatu ekosistem (Ashari *et al*, 2016). Ekologi bentanglahan khas yang ada di Taman Nasional Baluran salah satunya adalah sabana. Kawasan sabana menjadi area konservasi yang dijaga kelestariannya karena menjadi habitat satwa khas seperti rusa dan banteng.

Taman Nasional Baluran memiliki bentanglahan yang kompleks dan memiliki ekosistem khas berupa sabana yang

menutupi hampir 40% kawasan ini. Taman Nasional Baluran terletak di Kecamatan Banyuputih, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur dengan luas ±25.000 ha. Berdasarkan klasifikasi iklim Schimdt-Fergusson, kawasan ini termasuk daerah yang beriklim tipe E (agak kering) dan tipe F (kering) dengan suhu udara rata-rata berkisar 27°C hingga 30,9°C. Tipe penutup lahan yang dapat ditemukan antara lain hutan, semak dan belukar, sabana, hingga lahan terbangun. Keberadaan sabana di Taman Nasional Baluran saat ini telah mengalami gangguan yang dapat mempengaruhi kelestarian dan fungsi Taman Nasional Baluran sebagai wilayah konservasi sumberdaya alam (Sabarno, 2002). Gangguan tersebut terjadi karena adanya perubahan penutup lahan menjadi non-sabana.

Perubahan penutup lahan dari sabana menjadi non-sabana awalnya disebabkan oleh adanya tanaman akasia yang ditanam untuk mengurangi kebakaran hutan sejak tahun 1960-an (Djufri, 2004). Seiring berjalannya waktu, tanaman akasia tersebut mengalami ledakan populasi, sehingga menyebabkan terjadinya invasi terhadap tanaman



Gambar 1. Peta geomorfologi *general purpose* Taman Nasional Baluran

lain terutama wilayah sabana. Invasi ini mengganggu keberadaan ekosistem asli di wilayah Taman Nasional Baluran. Oleh karena itu diperlukan adanya kajian perubahan penutup lahan berbasis geomorfologi. Hasil analisis perubahan penutup lahan di Taman Nasional Baluran kemudian digunakan untuk mengkaji *landscape metrics*. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola penutup lahan berdasarkan aspek geomorfologi beserta perubahannya dan mengkuantifikasi struktur ekologi bentanglahan di lingkungan tropik sabana Taman Nasional Baluran dan sekitarnya.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini secara umum menggunakan teknik sistem informasi geografis (SIG) dan penginderaan jauh. Data penelitian ini terbagi menjadi data primer dan data sekunder. Data primer, terutama hasil identifikasi kondisi geomorfologi dan penutup lahan aktual, diperoleh dari observasi lapangan. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi

peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), peta geologi, peta tanah, *digital elevation model* (DEM), citra Landsat 5 TM dan 8 OLI, serta *Google Earth*. Data sekunder ini digunakan dalam pembuatan peta geomorfologi dan peta penutup lahan.

Peta geomorfologi dibuat dengan mengidentifikasi unit mayor geomorfologi dan fitur detil geomorfologi secara manual berdasarkan panduan sistem pemetaan geomorfologi *International Institute for Geo-information Science and Earth Observation* (ITC) oleh Verstappen & van Zuidam (1968). Litologi dan kronologi juga ditambahkan dalam peta geomorfologi ini berdasarkan hasil identifikasi dari data DEM, citra dan peta geologi. Pengolahan peta geomorfologi ini menggunakan *software* ArcGIS dan CorelDRAW.

Peta penutup lahan dibuat dengan menggunakan metode klasifikasi visual (manual) di *software* ArcGIS dengan menggunakan citra Landsat pada tahun 1997 dan 2019. Proses deliniasi dilakukan dengan kombinasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), komposit warna semu, dan komposit warna asli. Citra yang digunakan telah

dikoreksi sebelumnya dengan menggunakan *software* ENVI.

Tahap lapangan bertujuan untuk memvalidasi peta dan melengkapi informasi yang dibutuhkan. Pemilihan titik sampel menggunakan teknik *purposive random sampling* pada titik-titik yang mudah di akses. Validasi peta geomorfologi didasarkan pada satuan bentuklahan dan bentukan khusus, sedangkan validasi peta penutup lahan didasarkan atas penentuan lebih dari 450 titik secara acak dengan teknik *stratified random sampling*. Data yang diambil di lapangan meliputi morfologi, material, proses, kronologi, tipe penutup lahan, serta flora dan fauna. Peta penutup lahan yang belum terkoreksi di lapangan divalidasi menggunakan *Google Earth*. Peta penutup lahan yang telah dikoreksi diolah dengan menggunakan *software* FRAGSTAT untuk mengkuantifikasi *landscape metrics*.

*Landscape metrics (spatial metric)* adalah pengukuran numerik yang dapat mengkuantifikasi pola spasial *patch* penutup lahan, kelas penutup lahan, atau segala mosaik bentanglahan pada suatu area geografis (McGarigal dan Marks, 1995 dalam Bhatta, 2010). Metrik tersebut telah banyak digunakan dalam berbagai studi ekologi bentanglahan (Garcia-Feced *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2014; Rijal *et al.*, 2016; Sertel *et al.*, 2018). Perhitungan *landscape metrics* pada penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan struktur. Hasil perhitungan tersebut dapat digunakan untuk mengetahui derajat fragmentasi yang terjadi di ekosistem Taman Nasional Baluran.

Pengolahan dan analisis data bertujuan untuk mengetahui kondisi geomorfologi, pola penutup lahan, perubahan penutup lahan, dampak perubahan penutup lahan serta struktur ekologi bentanglahannya. Pengolahan data pascalapangan dilakukan dengan pembuatan peta geomorfologi dan peta penutup lahan baru hasil dari validasi di lapangan. Teknik analisis data penelitian bersifat deskriptif. Analisis struktur ekologi bentanglahan didasarkan hasil pengolahan *landscape metrics* yang terdiri atas 5 indikator yaitu *patch density*, *edge density*, *mean shape index*, *mean nearest neighbor*, serta *interspersions & juxtaposition index*. Analisis

jasa lingkungan dilakukan dengan menganalisis pemanfaatan dari setiap penutup lahan, mulai dari aspek jasa penyediaan, pengaturan, kultural, hingga pendukung.

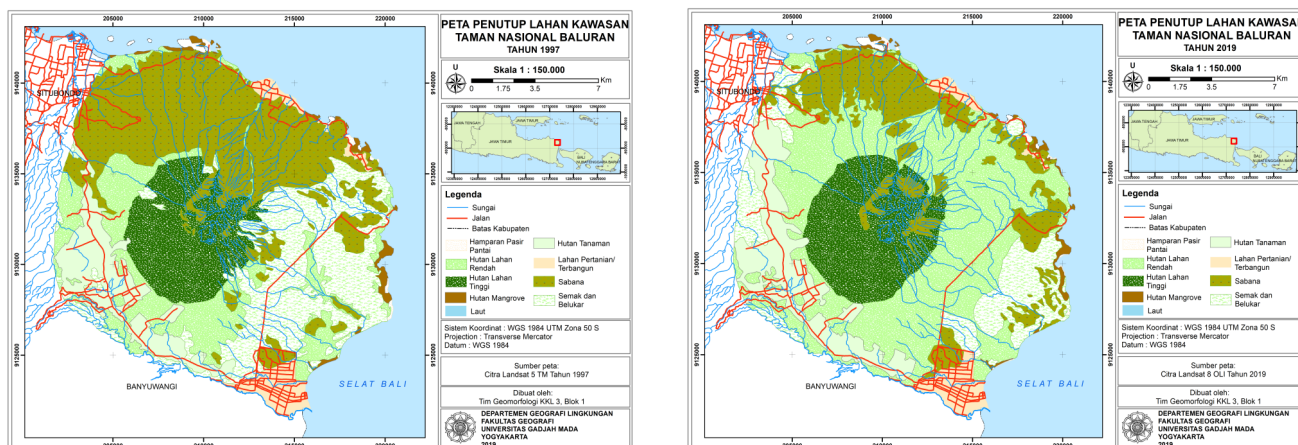
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pola Penutup Lahan Berdasarkan Kondisi Geomorfologi

Kondisi geomorfologi di Taman Nasional Baluran dipengaruhi oleh proses vulkanik pada masa lampau. Unit geomorfologi mayor di kawasan ini terdiri atas kerucut gunungapi, lereng gunungapi, kaki gunungapi, mesa-gamping, dan fluviomarin. Kondisi geomorfologi ini tentunya akan mempengaruhi kondisi penutup lahan (Gregory, 2010). Jenis penutup lahan yang ada antara lain hutan lahan tinggi, hutan lahan rendah, hutan mangrove, sabana, hutan tanaman, semak dan belukar, hamparan pasir pantai, serta lahan pertanian dan terbangun (Gambar 2).

Hutan lahan tinggi berada pada ketinggian lebih dari 300 meter di atas permukaan laut. Tanaman yang ada di hutan lahan tinggi antara lain kemiri (*Aleurites moluccana*), balang (*Pterospermum diversifolium*), jambu hutan (*Syzygium samarangense*) dan nyatoh (*Palaquium amboinense*) dan beberapa jenis tanaman rotan (*Calamus sp.*), genduru (*Caryota mitis*) dan tanaman paku. Hutan lahan tinggi ditemui pada unit geomorfologi kerucut yang bertopografi bergunung dengan kemiringan lebih dari 60%.

Hutan lahan rendah berada pada ketinggian kurang dari 300 meter di atas permukaan laut. Jenis tanaman yang dominan antara lain *tropophyta* (meranggas) seperti walikukun (*Schoutheimia ovata*), talok (*Grevia eriocarpa*), krasak (*Ficus superba*) dan asem (*Tamarindus indica*). Tanaman yang juga dapat dijumpai di hutan lahan rendah antara lain rumput karepe (*Apluda mutica*), rumput pring-pringan (*Ischaemum muticum*), rumput medhung (*Rottboellia exaltata*), rumput gunung (*Oplismenus burmanni*). Hutan lahan rendah ditemui pada unit geomorfologi lereng Gunungapi Baluran. Lereng gunungapi tersusun atas batuan gunungapi yang terdiri dari lava



Gambar 2. Peta penutup lahan di Taman Nasional Baluran tahun 1997 (kiri) dan 2019 (kanan)



basaltik-andesitik, breksi gunungapi dan lahar.

Hutan mangrove tersebar di sepanjang pantai Baluran. *Aegiceras*, *Avecenia* dan santegi (*Pemphis accidula*) hanya terdapat di blok-blok tertentu, sedangkan jenis tanaman yang memiliki sebaran tinggi dan hampir merata adalah jenis *Rizophora* dan *Ceriops*. Berdasarkan peta geomorfologi, hutan mangrove tumbuh di unit geomorfologi fluvio-marin. Selain hutan mangrove terdapat juga penutup lahan berupa pantai dengan warna pasir yang berbeda, yaitu berwarna putih koral dan hitam. Material yang berbeda dipengaruhi gelombang laut yang mengikis koral dan batuan induk. Beberapa bagian pantai yang memiliki gisik terdiri atas material *unconsolidated* berupa pasir, seperti di Pantai Bama. Pantai berbatu terbentuk dari material letusan gunungapi dan ditemui di Pantai Bilik.

Sabana ditemukan di kerucut, lereng, dan kaki gunungapi. Sabana dengan morfologi yang datar terletak bagian timur laut sampai tenggara. Sebagian sabana di area tersebut terdapat medan lava. Jenis tanaman yang mendominasi adalah jenis rumput antara lain *Dochantium caricosum*, *Heteropogon contortus*, *Shorgum nitidus*, dan *Slerachne punctata*. Selain rumput, terdapat juga pohon jenis akasia yang tumbuh di sabana, seperti pilang (*Acacia leucophloea*), widoro bukol (*Ziziphus rotundifolia*), klampis (*Acacia tomentosa*), dan *Acacia nilotica*. Sabana dengan morfologi yang bergelombang dicirikan dengan tanah hitam berbatu dan terletak mulai dari bagian barat sampai timur laut kawasan taman nasional. Sebagian besar sabana tersebut secara geomorfologi terletak pada medan lahar dan lava. Rumput yang terdapat di area tersebut tidak serapat pada sabana yang datar karena banyak bongkahan batu besar.

Hutan tanaman di Taman Nasional Baluran berupa hutan jati yang berjenis *Tectona grandis*. Kerapatan hutan jati cukup rapat, tetapi pada musim kemarau kerapatannya rendah karena pohon jati bersifat meranggas. Pohon jati dapat beradaptasi dengan kondisi lereng, sehingga mampu tumbuh di dataran tinggi maupun dataran rendah (Mpapa, 2016). Menurut kondisi geomorfologi, hutan tanaman jati tumbuh di bagian kaki gunungapi. Material yang membentuk kaki gunungapi adalah batuan beku jenis basaltis hingga andesit (Wulan *et al.*, 2017).

Semak dan belukar tumbuh di bagian utara, timur, dan sedikit di bagian barat taman nasional tersebut. Jenis semak yang ada adalah *Vernonia cinerea*, *Lantana camara L.*, *Thespesia lanpas*, dan *Abotilon indicus Sw* (Djufri, 2012). Berdasarkan geomorfologinya, semak dan belukar tumbuh di kaki Gunungapi Baluran dan di sedikit di bagian mesa-gamping. Bagian kaki gunungapi dan mesa-gamping memiliki perkembangan tanah yang belum berkembang dengan baik. Hal ini mempengaruhi lengas tanah yang tersimpan cukup sedikit sehingga semak dan belukar dapat tumbuh di bagian ini karena semak belukar tidak membutuhkan air yang banyak.

Lahan pertanian/terbangun berada di sebelah tenggara yang merupakan Desa Wonorejo serta di bagian utara yaitu di blok Labuhan Merak dan Gunung Masigit (Wianti, 2014). Pola permukiman di Desa Wonorejo adalah pola linear, yaitu mengikuti jalan dengan tingkat kepadatan bangunan tinggi. Pola permukiman di Labuhan Merak dan Gunung Masigit relatif terpencar. Rumah-rumah di wilayah ini mengelompok membentuk unit-unit kecil dan menyebar sehingga kepadatan bangunan permukiman di wilayah ini sangat rendah. Permukiman dan lahan pertanian cenderung berkembang di dataran fluvio-marin dan kaki Gunungapi Baluran yang dipengaruhi oleh faktor aksesibilitas dan ketersediaan sumberdaya air.

### Perubahan Penutup Lahan

Penutup lahan yang mendominasi di Taman Nasional Baluran yaitu hutan lahan rendah, sabana, serta semak dan belukar. Setiap jenis penutup lahan mengalami dinamika luas dari waktu ke waktu. Perubahan luasan tersebut disebabkan oleh adanya aktivitas alam maupun manusia di Taman Nasional Baluran. Perubahan luas setiap jenis penutup lahan dapat dilihat pada Tabel 1. Penutup lahan yang mengalami perubahan luas cukup signifikan antara lain sabana, hutan lahan rendah, serta semak dan belukar.

Sabana yang merupakan ciri khas Taman Nasional Baluran mengalami penurunan luas hampir 50% dari tahun 1997 hingga 2019. Luas sabana di Taman Nasional Baluran tahun 1997 yaitu 93,51 km<sup>2</sup>, kemudian pada tahun 2019 mengalami penurunan menjadi 48,10 km<sup>2</sup>. Penutup lahan sabana sebagian besar berubah menjadi hutan lahan rendah serta sebagian kecil menjadi semak dan belukar serta hutan tanaman. Hutan lahan rendah serta semak dan belukar yang menggantikan sabana didominasi oleh tanaman akasia, terutama jenis *Acacia nilotica*. Tanaman akasia yang menginvasi sabana terjadi di bagian utara hingga timur dari

Tabel 1. Luas penutup lahan di Taman Nasional Baluran tahun 1997 dan 2019

Jenis Penutup Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )	
	1997	2019
Hamparan Pasir Pantai	0,77	0,65
Hutan Lahan Rendah	45,27	110,76
Hutan Lahan Tinggi	37,68	40,91
Hutan Mangrove	3,58	3,03
Hutan Tanaman	23,55	29,41
Lahan Pertanian/Terbangun	9,81	9,73
Sabana	93,51	48,10
Semak dan Belukar	59,83	31,40
Jumlah	273,99	273,99



Taman Nasional Baluran. Hal tersebut dapat dilihat pada peta penutup lahan tahun 1997 dan 2019 (Gambar 2) yang mengalami perubahan dari sabana yang sangat luas menjadi hutan lahan rendah serta sebagian menjadi semak dan belukar.

Peningkatan luas hutan lahan rendah cukup signifikan yaitu bertambah hingga dua kali lipat lebih dari 45,27 km<sup>2</sup> pada tahun 1997 menjadi 110,76 km<sup>2</sup> pada tahun 2019. Penambahan tersebut berasal dari sabana serta semak dan belukar yang berubah menjadi hutan lahan rendah. Sebagian besar semak dan belukar di bagian timur Baluran berubah menjadi hutan lahan rendah. Di bagian utara, sabana juga berubah menjadi hutan lahan rendah dengan dominasi tumbuhan berupa akasia. Semak dan belukar mengalami perubahan luas yang cukup dinamis. Luas semak dan belukar mengalami penurunan dari 59,83 km<sup>2</sup> menjadi 31,40 km<sup>2</sup> selama 1997-2019. Penurunan tersebut diperkirakan juga disebabkan oleh invasi akasia. Hal tersebut menyebabkan semak dan belukar berubah menjadi hutan lahan rendah dengan vegetasi yang lebih besar dan lebat.

Kondisi Taman Nasional Baluran ketika musim kemarau yang sangat kering mengakibatkan mudahnya terjadi kebakaran lahan. Tanaman akasia mulai ditanam di Taman Nasional Baluran sebagai sekat bakar karena dapat mencegah api untuk menyebar secara luas (Dermawan *et al.*, 2018). Seiring berjalannya waktu, tanaman akasia justru mengalami pertumbuhan dan penyebaran dengan sangat cepat. Kondisi geomorfologi dan iklim di kawasan tersebut dinilai mendukung penyebaran akasia. Tanaman akasia tahan terhadap kondisi lingkungan yang sangat kering serta memiliki biji yang tidak mudah hancur ketika dicerna oleh hewan. Hal tersebut yang mengakibatkan tanaman akasia menyebar dengan cepat sesuai mobilitas hewan pemakan biji dan tetap bertahan ketika musim kemarau panjang. Penyebaran tersebut paling banyak terjadi di lahan terbuka seperti sabana sehingga terjadi invasi akasia di sabana yang mengakibatkan luas sabana berkurang dari tahun ke tahun (Gambar 3).



Gambar 3. Tanaman akasia yang tumbuh di sabana

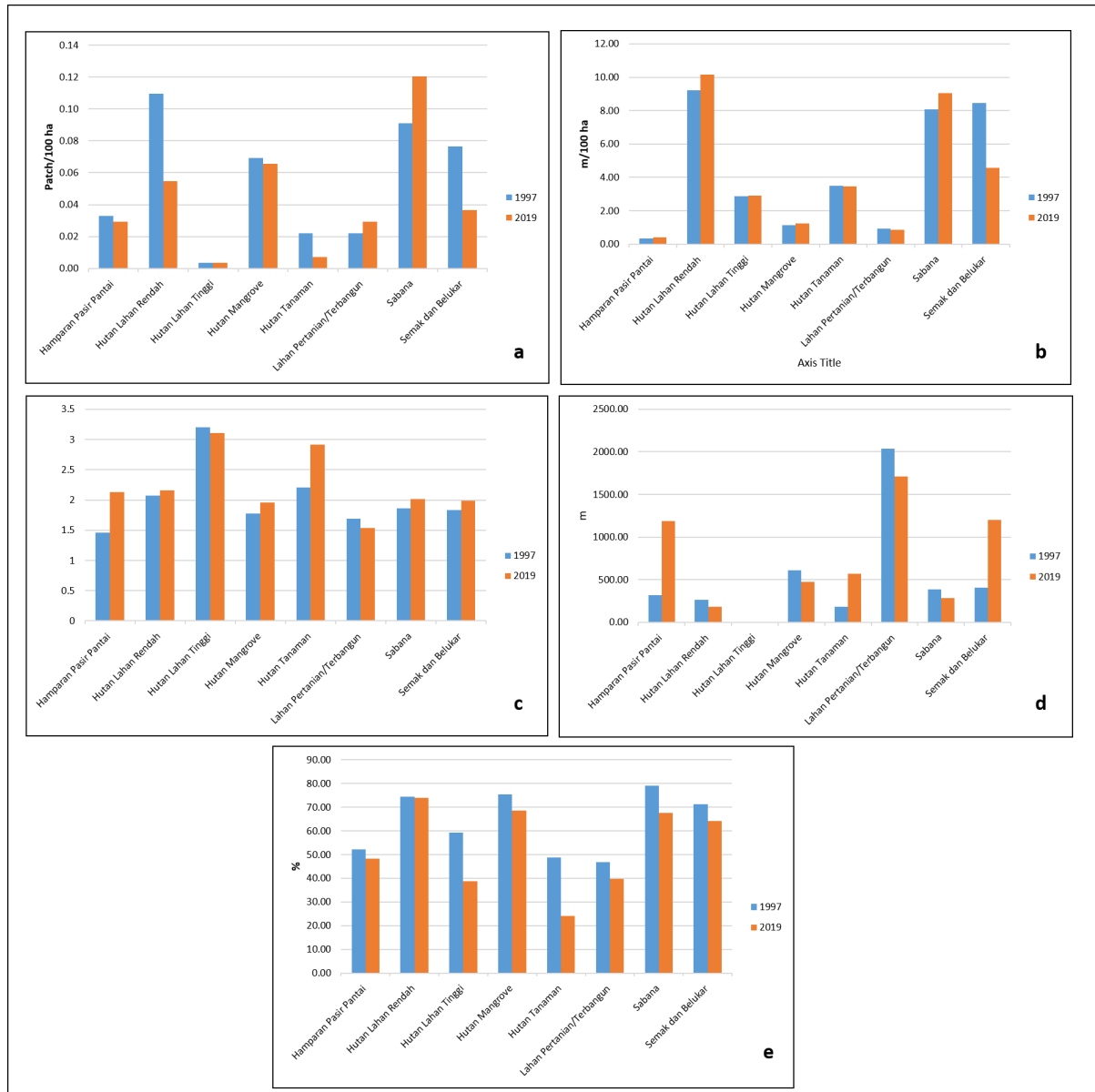
### Struktur Ekologi Bentanglahan

Analisis struktur ekologi bentanglahan dilakukan untuk memperkuat pemahaman terkait dinamika ekosistem di Taman Nasional Baluran dan sekitarnya. Metrik yang digunakan untuk analisis tersebut antara lain *patch density* (PD), *edge density* (ED), *mean shape index* (MSI), *mean nearest neighbor* (MNN), dan *interspersion and juxtaposition index* (IJI). Analisis tersebut dilakukan secara multitemporal untuk mengetahui dinamika perubahan struktur ekologi bentanglahan pada setiap penutup lahan (McGarigal dan Marks, 1995 dalam Bhatta, 2010). Secara umum, nilai kelima metrik tersebut sangat bervariasi berdasarkan jenis penutup lahan dan periode kajian.

Gambar 4a menunjukkan perbandingan PD pada setiap jenis penutup lahan. Pada tahun 1997, hutan lahan rendah memiliki PD tertinggi dengan nilai 0,11 *patch*/100 ha. Hal ini menunjukkan pada periode tersebut, hutan lahan rendah memiliki kerapatan *patch* yang sangat tinggi di Baluran dan lebih terfragmentasi dibandingkan dengan penutup lahan lain. Sabana juga memiliki kerapatan *patch* yang relatif tinggi, bahkan nilai PD-nya pada 2019 menjadi paling tinggi yaitu 0,12 *patch*/100 ha. Sementara itu, nilai PD terendah terdapat pada penutup lahan hutan lahan tinggi dan tidak mengalami perubahan berarti pada ketiga periode. Hal ini disebabkan oleh jumlah *patch* hutan tersebut tidak mengalami perubahan sehingga derajat fragmentasinya relatif kecil.

Gambar 4b menunjukkan perbandingan ED pada setiap jenis penutup lahan. Nilai ED memiliki pola yang mirip dengan PD. Nilai ED tertinggi terdapat pada penutup lahan hutan lahan rendah pada tahun 2019 yaitu 10,16 m/100 ha. Hutan lahan rendah dan sabana memiliki nilai ED yang relatif tinggi pada kedua periode. Hal ini menunjukkan kedua penutup lahan tersebut memiliki kerapatan tepi yang tinggi dan lebih terfragmentasi pula jika ditinjau dari aspek tepi. Kerapatan tepi semak dan belukar pada tahun 1997 menempati posisi kedua tertinggi, tetapi selanjutnya mengalami penurunan secara signifikan pada tahun 2019. Nilai





Gambar 4. *Landscape metrics* Taman Nasional Baluran selama 1997-2019: (a) *patch density* (PD), (b) *edge density* (ED), (c) *mean shape index* (MSI), (d) *mean nearest neighbor* (MNN), dan (e) *interspersion and juxtaposition index* (IJI)

ED pada penutup lahan lainnya relatif rendah dan tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Gambar 4c menunjukkan nilai MSI penutup lahan di Taman Nasional Baluran dan sekitarnya. Bentuk *patch* semakin teratur (berbentuk persegi atau lingkaran) apabila nilai MSI mendekati 1. Secara umum, hampir semua penutup lahan mengalami kenaikan MSI selama 1997-2019. Hal ini menunjukkan bentuk *patch* penutup lahan cenderung semakin kompleks. Hutan lahan tinggi dan hutan tanaman memiliki nilai MSI yang relatif tinggi, meskipun tingkat fragmentasinya relatif rendah. MSI tertinggi terdapat pada penutup lahan hutan lahan tinggi tahun 1997 dengan nilai 3,20.

Nilai MNN penutup lahan di Baluran ditunjukkan pada Gambar 4d. Nilai metrik tersebut sangat beragam dan fluktuatif pada keseluruhan penutup lahan dan periode. Namun, secara umum lahan pertanian/terbangun dan

hamparan pasir pantai (kecuali tahun 1997) memiliki MNN yang relatif tinggi. Semakin tinggi MNN, tingkat isolasi spasial antar *patch* tersebut semakin tinggi pula. Fakta menarik yang dapat diketahui dari perhitungan metrik tersebut yaitu kedua penutup lahan tersebut justru memiliki tingkat dispersi atau fragmentasi yang relatif kecil berdasarkan perhitungan PD dan ED. Oleh karena itu, ekosistem yang mempunyai tingkat dispersi tinggi tidak selalu memiliki derajat isolasi yang tinggi. Disisi lain, penutup lahan lainnya memiliki tingkat isolasi yang relatif rendah yaitu kurang dari 1 km (kecuali semak dan belukar pada 2019). Penutup lahan hutan lahan tinggi bahkan tidak terisolasi karena hanya memiliki 1 *patch*.

Tingkat interspersi penutup lahan di Baluran dapat dilihat pada Gambar 4e. Setiap penutup lahan memiliki tingkat interspersi yang beragam dan fluktuatif. Meskipun berfluktuasi, semua nilai IJI penutup lahan pada tahun 2019



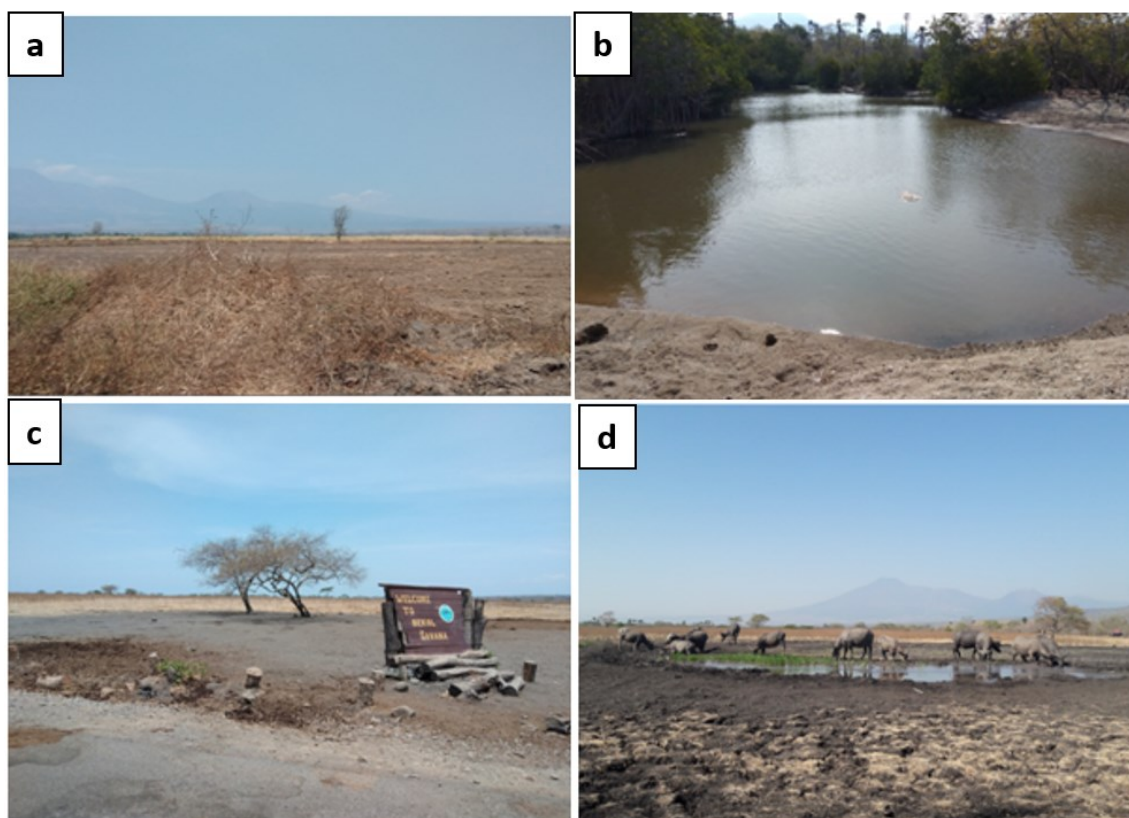
lebih rendah daripada tahun 1997. Hal ini mengindikasikan derajat *spatial intermixing* antar *patch* semakin rendah. Tingkat interspersi tertinggi terdapat pada penutup lahan sabana tahun 1997 (79,11%), sementara tingkat interspersi terendah terdapat pada penutup lahan hutan tanaman tahun 2019 (24,08%). Empat dari 8 penutup lahan memiliki nilai IJI yang selalu kurang dari 60% pada setiap tahun yaitu lahan pertanian/terbangun, hutan tanaman, hutan lahan tinggi, dan hamparan pasir pantai. Hal menarik lainnya yang dapat diketahui dari hasil perhitungan metrik ini yaitu penutup lahan yang memiliki kerapatan *patch* yang relatif tinggi cenderung memiliki tingkat interspersi yang tinggi pula dan begitu pula sebaliknya.

Berdasarkan hasil perhitungan *landscape metrics*, secara ringkas hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setiap penutup lahan mengalami perubahan struktur. Sabana, hutan lahan rendah, serta semak dan belukar cenderung memiliki kerapatan *patch*, *edge*, dan tingkat interspersi yang relatif tinggi. Hal ini pun disertai dengan perubahan luas yang signifikan pada ketiga penutup lahan tersebut berdasarkan hasil analisis sebelumnya. Penutup lahan sabana bahkan cenderung semakin terdispersi atau terfragmentasi jika ditinjau dari segi PD dan ED. Sementara itu, tingkat kompleksitas bentuk *patch* dan isolasi ketiga penutup lahan tersebut tidak lebih tinggi daripada jenis penutup lahan lainnya.

### Dampak Perubahan Penutup Lahan terhadap Jasa Ekosistem

Jasa ekosistem menurut Boyd & Banzhaf (2007) merupakan komponen alam yang secara langsung dinikmati, dikonsumsi, atau digunakan untuk memenuhi kesejahteraan manusia. Jasa ekosistem yang disediakan oleh Taman Nasional Baluran beraneka ragam, mencakup jasa penyediaan, jasa pengaturan, jasa kultural, dan jasa pendukung. Setiap jasa ekosistem tersebut menunjukkan peranan yang berbeda dari Taman Nasional Baluran.

Jasa penyediaan dari keberadaan Taman Nasional Baluran adalah melalui keberadaan sumberdaya untuk keberlangsungan satwa di dalamnya serta manusia di sekitarnya. Rerumpunan yang ada di sabana seperti dalam Gambar 5a menjadi sumber makanan berbagai fauna herbivora serta sejumlah ternak yang dimiliki penduduk di sekitar taman nasional (Pudyatmoko, 2017; Pudyatmoko *et al.*, 2018). Jasa pengaturan dari Taman Nasional Baluran berkaitan dengan siklus-siklus di alam, contohnya yaitu terkait pengaturan hidrologis serta kesuburan tanah. Gambar 5b menampilkan sungai di Taman Nasional Baluran yang merupakan salah satu bagian dalam siklus hidrologis. Jasa kultural yang dimiliki oleh Taman Nasional Baluran salah satunya terkait dengan pengetahuan sehingga memberikan edukasi. Taman Nasional Baluran juga memiliki alam yang unik dan indah. Pesona alam tersebut memberikan jasa kultural lainnya, yaitu di bidang pariwisata



Gambar 5. Jasa ekosistem Taman Nasional Baluran: (a) keberadaan rumput sebagai penyedia, (b) keberadaan sungai sebagai jasa pengaturan, (c) lokasi wisata sebagai jasa kultural, (d) habitat satwa sebagai jasa pendukung



seperti sabana Bekol yang ditampilkan dalam Gambar 5c. Jasa pendukung dari Taman Nasional Baluran adalah keberadaan habitat yang mendukung kehidupan flora dan fauna di dalamnya. Flora dan fauna endemik secara khusus akan bergantung pada keadaan alam di Taman Nasional Baluran, seperti yang ada ditunjukkan pada Gambar 5d.

Invasi akasia di Taman Nasional Baluran, khususnya di sabana Bekol telah dibuktikan oleh Sutomo *et al.* (2016) yang menemukan bahwa akasia memiliki resiliensi tinggi dan menyebabkan turunnya luas sabana Bekol sebanyak kurang lebih 85 ha dari tahun 2013 ke 2014. Indikasi invasi akasia yang menyebabkan luas sabana menurun juga ditemukan melalui hasil identifikasi citra tahun 1997 dan 2019 pada penelitian ini. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kebanyakan sabana berubah menjadi hutan lahan rendah.

Perubahan penutup lahan berdampak terhadap jasa ekosistem karena akan terjadi perubahan lingkungan serta sumberdaya. Fauna herbivora yang menjadikan rumput sebagai pakan utamanya, seperti rusa dan banteng, akan terancam dengan berkurangnya luas sabana. Daun dan biji dari akasia sebenarnya masih dapat dikonsumsi oleh fauna tersebut. Namun sebagai sumber pakan utama, rumput tetap tidak dapat tergantikan (Sabarno, 2002).

Pengurangan luas sabana di Taman Nasional Baluran diikuti pula dengan pola yang semakin terfragmentasi. Lahan yang ideal untuk aktivitas satwa di Taman Nasional Baluran pada akhirnya akan terdampak. Koridor dimana satwa biasa lalu lintas dapat berubah terkait hal ini. Beberapa penelitian sebelumnya menemukan perubahan penutup lahan di kawasan ini dapat mengancam eksistensi mamalia besar dan tanaman endemik. Invasi tanaman akasia di sabana telah menyebabkan berkurangnya tingkat diversitas spesies tanaman sekaligus mengurangi ketersediaan makanan untuk herbivora (Caesariantika *et al.*, 2011). Berkaitan dengan hal tersebut, Hakim *et al.* (2015) menyebutkan bahwa populasi fauna langka khususnya banteng semakin berkurang dan diperkirakan dapat punah pada masa depan akibat kombinasi faktor sosial-ekonomi dan ekologi, termasuk perubahan kondisi habitat.

## KESIMPULAN

Pola penutup lahan memiliki keterkaitan erat terhadap karakteristik geomorfologi di Taman Nasional Baluran. Hal ini dapat dilihat dari variasi jenis vegetasi dan pemanfaatan lahan yang ada berdasarkan kondisi morfologi, material, dan proses yang bekerja. Beberapa jenis penutup lahan di taman nasional ini mengalami perubahan luas dan struktur yang signifikan selama 1997-2019, terutama pada sabana, semak dan belukar, serta hutan lahan rendah. Sabana sebagai ikon Taman Nasional Baluran mengalami penyusutan luas hampir 50%, disertai dengan pola yang semakin terfragmentasi. Salah satu faktor utama yang menyebabkan hal tersebut terjadi adalah invasi tanaman akasia. Kondisi tersebut dapat men-

imbulkan dampak negatif terhadap jasa ekosistem. Flora dan fauna khas di kawasan ini akan terancam kelestariannya akibat perubahan kondisi ekosistem yang intensif tersebut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada pengelola Taman Nasional Baluran, Pemerintah Desa Wonorejo, dan Departemen Geografi Lingkungan Universitas Gadjah Mada atas bantuannya untuk mendukung penelitian.

## KONTRIBUSI PENULIS

Penulis ke-1 memimpin jalannya penelitian dan membuat peta geomorfologi beserta analisisnya. Penulis ke-2 dan ke-3 mendelineasi penutup lahan dan menganalisis data. Penulis ke-4 merancang metode yang digunakan dalam penelitian. Penulis ke-5 membuat peta geomorfologi beserta analisisnya. Penulis ke-6 melakukan analisis *landscape metrics*. Penulis ke-7 menganalisis data dan menyunting naskah. Penulis ke-8 mendelineasi penutup lahan dan menganalisis dampak terhadap ekosistem. Penulis ke-9 memandu jalannya penelitian dan *me-review* naskah penelitian. Seluruh penulis berkontribusi di dalam kegiatan survei lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashari, A., Apriyeni, B. A., Permana, D., & Safarudin, N. R. (2016). Interrelasi Spasial Bentuklahan dengan Vegetasi pada Lereng Tenggara Vulkan Ciremai: Tinjauan Studi Biogeomorfologi. *Geomedia*, 14(2), 67-76.
- Bhatta, B. (2010). *Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data*. Berlin: Springer-Verlag.
- Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are Ecosystem Services? The Need for Standardized Environmental Accounting Units. *Ecological Economics*, 63(2-3), 616-626.
- Caesariantika, E., Kondo, T., & Nakagoshi, N. (2011). Impact of *Acacia Nilotica* (L.) Willd. ex Del Invasion on Plant Species Diversity in Bekol Savanna, Baluran National Park, East Java, Indonesia. *Tropics*, 20(2), 45-53.
- Clark, W. (2010). Principles of Landscape Ecology. *Nature Education Knowledge*, 3(10): 34.
- Dermawan, B. A., Herdiyeni, Y., Prasetyo, L. B., & Siswoyo, A. (2018). Predicting the Spread of *Acacia Nilotica* Using Maximum Entropy Modeling. *TELKOMNIKA*, 16(2), 703-712.
- Djufri. (2004). *Acacia Nilotica* (L.) Willd. ex Del. dan Permasalahannya di Taman Nasional Baluran Jawa Timur. *Biodiversitas*, 5(2), 96-104.
- Garcia-Feced, C., Saura, S., & Elena-Rossello, R. (2010). Assessing the Effect of Scale on the Ability of Landscape Structure Metrics to Discriminate Landscape Types in Mediterranean Forest Districts. *Forest Systems*, 19(2), 129-140.
- Hakim, L., Guntoro, D. A., Waluyo, J., Sulastini, D., Hartanto, L., & Nakagoshi, N. (2015). Recent Status of Banteng (*Bos Javanicus*) Conservation in East Java and Its Perspectives on Ecotourism Planning. *The Journal of Tropical Life Science*,

- 5(3), 152-157.
- Gregory, K. J. (2010). *The Earth's Land Surface Landforms and Processes in Geomorphology*. London: SAGE.
- Mpapa, B. L. (2016). Analisis Kesuburan Tanah Tempat Tumbuh Pohon Jati (*Tectona grandis* L.) pada Ketinggian yang Berbeda. *Jurnal Agrista*, 20(3), 135-139.
- Pudyatmoko, S. (2017). Free-ranging Livestock Influence Species Richness, Occupancy, and Daily Behaviour of Wild Mammalian Species in Baluran National Park, Indonesia. *Mammalian Biology*, 86, 33-41.
- Pudyatmoko, S., Budiman, A., & Kristiansen, S. (2018). Towards Sustainable Coexistence: People and Wild Mammals in Baluran National Park, Indonesia. *Forest Policy and Economics*, 90, 151-159.
- Rijal, S., Saleh, M. B., Jaya, I. N. S., & Tiriyana, T. (2016). Spatial Metrics of Deforestation in Kampar and Indragiri Hulu, Riau Province. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 22(1), 24-34.
- Sabarno, M. Y. (2002). Sabana Taman Nasional Baluran. *Biodiversitas*, 3(1):207-212.
- Sertel, E., Topaloğlu, R. H., Şallı, B., Yay Algan, Y., & Aksu, G. A. (2018). Comparison of Landscape Metrics for Three Different Level Land Cover/Land Use Maps. *International Journal of Geo-Information*, 7(10), 408.
- Singh, S. K., Pandey, A. C., & Singh, D. (2014). *Land Use Fragmentation Analysis Using Remote Sensing and Fragstats*. In P. K. Srivastava et al. (Eds.), *Remote Sensing Applications in Environmental Research*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Utomo, E. V., & Wahab, L. (2016). Proof of *Acacia Nilotica* Stand Expansion in Bekol Savanna, Baluran National Park, East Java, Indonesia through Remote Sensing and Field Observations. *Biodiversitas*, 17(1): 96-101.
- Verstappen, H. Th., & van Zuidam, R. A. (1968). *ITC System of Geomorphological Survey*. Enschede: ITC.
- Wianti, K. F. (2014). Land Tenure Conflict in the Middle of Africa van Java (Baluran National Park). *Procedia Environmental Sciences*, 20, 459-467.
- Wulan, T. R., Sartohadi, J., & Nurwadjadi. (2017). Hierarchical Model of Landscape Mapping (Case Study: Multiscale Mapping on Natural Ecosystem Baluran National Park. *International Journal of Geoinformatics*, 13(3), 61-70.