

**DETEKSI KELIMPAHAN AIR DI TAMAN NASIONAL BALURAN
DENGAN ANALISIS CITRA SATELIT LANDSAT**

***(Detection of Water Abundance in Baluran National Park
with Landsat Satellite Imagery Analysis)***

Beny Harjadi*

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
Jl Ahmad Yani - Pabelan, Po.Box.295, Solo, Jawa Tengah, Indonesia
Telp. +62 271-716709, Fax. +62 271-715969

Article Info

Article History:

Received 11 November
2016; received in revised
form 22 March 2017;
accepted 23 March 2017.
Available online since 31
March 2017

Kata kunci:

Baluran
Citra Satelit
Kekeringan
Kelimpahan air
Taman Nasional

ABSTRAK

Indonesia termasuk salah satu negara mega-*biodiversity* yang memiliki tanggung jawab besar dalam menjaga keseimbangan iklim global dan ekosistem hutan. Kekeringan menyebabkan kehidupan satwa terganggu hingga terjadi kematian dan pergeseran ekosistem. Permasalahan yang setiap tahun terjadi di Taman Nasional Baluran (TNB) adalah kekeringan dan kebakaran pada daerah savana. Penelitian ini bertujuan melakukan deteksi kelimpahan air dengan menggunakan citra satelit di TNB. Penelitian dinalisis dengan menggunakan citra satelit Landsat ETM7+ pada tahun 1999 dan 2010 dan 3 (tiga) faktor utama yang memiliki potensi besar kelimpahan air, adalah: (1) kerapatan tanaman ($GI = Greenness Index$), (2) kelembapan tanah ($WI = Wetness Indeks$), dan (3) kondisi tanah ($SBI = Soil Brightness Indeks$). Tiga faktor dijumlahkan dan dibagi tiga untuk mendapatkan 5 tingkat kelimpahan air: 1) Sangat melimpah, 2) Berlimpah, 3) Medium, 4) Sedikit, dan 5) Sangat sedikit. Hasil penelitian menunjukkan kelimpahan air telah menurun antara tahun 1999 dan 2010 adalah untuk kondisi moderat dari 85% menjadi 38%, jika kelimpahan air rendah (sedikit) meningkat dari 15% menjadi 60%. Tingkat akurasi kelimpahan air di lapangan lebih dari 80% atau tepatnya 91%. Kondisi kekeringan yang ekstrim ini akan sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup flora dan fauna di TNB yang sangat membutuhkan air dan berpotensi kebakaran. Pembuatan embung tempat penampungan air dan pasokan air terus menerus dengan menggunakan tangki air di musim kemarau sangat diperlukan di TNB.

Keywords:

Baluran
Satellite Imagery
Drought
Abundance of water
The National Park

ABSTRACT

Indonesia is one of the mega-biodiversity countries that have a great responsibility in maintaining the balance of the global climate and forest ecosystems. Drought causes shifting of ecosystems causing disturbances on animal life leading to death of species. Alongside fires in the savanna, drought is a recurrent problem in the park, which occurs every year. This study aims to detect the abundance of water by using satellite imagery in Baluran National Park (BNP). The research analyzed using Landsat satellite imagery ETM7 + in 1999 and 2010 and three (3) main factors that have great potential abundance of water, are: (1) plant density ($GI = Greenness Index$), (2) soil moisture ($WI = Wetness Index$), and (3) soil conditions ($SBI = Soil Brightness Index$). Three factors are summed and divided by three to get 5 levels of water abundance: 1) Very abundant, 2) Abundant, 3) Medium, 4) Few, and 5) Very little. The results showed that the abundance of water decreased between 1999 and 2010 for moderate conditions from 85% to 38%, if the abundance of low water (slightly) increased from 15% to 60%. The level of accuracy of the abundance of water in the field of more than 80% is exactly 91%. The extreme drought conditions will be very dangerous for the survival of flora and fauna in Baluran National Park that are in desperate need of water and potentially in danger of a fire. Construction of water reservoirs and water supply continuously using a water tank in the dry season is very necessary in the Baluran National Park.

* Corresponding author. Tel: +62 8122686657
E-mail address: adbsolo@yahoo.com (B. Harjadi)

I. PENDAHULUAN

Kelimpahan air bagi suatu ekosistem sangat diperlukan untuk kelangsungan hidup bagi flora dan fauna yang ada di Taman Nasional Baluran (TNB). Permasalahan yang selalu terjadi setiap tahun di TNB adalah sulitnya menyediakan air bagi hewan-hewan yang ada di dalam area taman nasional pada saat musim kemarau. Pada musim kemarau sering terjadi kebakaran, sebagai contoh pada tanggal 19 Juli sampai 10 September 2016 telah terjadi kebakaran seluas 55 ha (Antara, 2016). Terjadinya kebakaran terutama dimulai pada area rumput savana yang kering pada saat musim kemarau dan akan merembet ke daerah sekitarnya (Cox dan Perry, 2011). Peran penting Indonesia yang termasuk salah satu negara mega-*biodiversity* punya tanggung jawab besar dalam menjaga keseimbangan iklim global (Wang *et al.* 2010). Menurut Hoffmann dan Sgrò (2011) hal tersebut ditunjang kondisi hutan tropis Indonesia merupakan habitat utama keanekaragaman hayati baik jenis-jenis tumbuhan maupun satwa liar. Sebagai tambahan informasi bahwa kekayaan flora di Indonesia terdiri dari 30.000 - 40.000 jenis tumbuhan berbunga, 1.250 jenis paku - pakuan, dan 1.500 jenis lumut (Hadi, 2008).

TNB ditetapkan sebagai taman nasional berdasarkan SK. Menteri Kehutanan No. 279/Kpts.-VI/1997 tanggal 23 Mei 1997 dengan kawasan seluas 25.000 ha. Sesuai dengan peruntukannya kawasan tersebut dibagi menjadi beberapa zona berdasarkan SK. Dirjen PKA No. 187/Kpts./DJ-V/1999 tanggal 13 Desember 1999, yang terdiri dari zona inti seluas 12.000 ha, zona rimba seluas 5.537 ha (perairan = 1.063 ha dan daratan = 4.574 ha), zona pemanfaatan intensif dengan luas 800 ha, zona pemanfaatan khusus dengan luas 5.780 ha, dan zona rehabilitasi seluas 783 ha. Mengingat kelangsungan hidup ekosistem flora dan fauna sangat penting di TNB, maka sebaran ketersediaan atau kelimpahan air sangat dibutuhkan.

Berkenaan dengan permasalahan tersebut maka penelitian ini memiliki tujuan sebagai upaya mendeteksi daerah yang berpotensi adanya kelimpahan air di TNB dengan menggunakan citra satelit. Kelebihan penelitian dengan citra satelit adalah analisis citra dapat dilakukan secara digital dalam satuan yang luas dan dapat memberikan informasi yang terbaru dan memiliki akurasi tinggi. Seperti penelitian perubahan penutupan lahan dan perubahan kondisi masyarakat urban di Kanada dan Cina dapat dilakukan dengan citra satelit dengan akurasi yang tinggi (Guo *et al.*, 2013).

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui survei lapangan dan dibantu dengan analisis raster dari

citra satelit. Validasi dari hasil analisis citra satelit dibandingkan dengan kondisi yang ada di lapangan dengan akurasi harus lebih dari 80%. Jika kurang dari 80% maka akan banyak yang salah dalam pengkelasan dan akan semakin tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan (Toth dan Józskó, 2016). Peningkatan validasi hasil analisis citra satelit dengan cara memperkecil dari yang masuk dalam omisi dan komisi. Omisi merupakan jumlah kelas X yang masuk ke kelas lain dan sebaliknya komisi merupakan jumlah kelas X tambahan dari kelas lain (Loppies, 2010).

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan mulai tahun 2010 dan khusus untuk analisis kelimpahan air dilakukan pada tahun 2016 di Taman Nasional Baluran (TNB), Situbondo, Jawa Timur. TNB terletak pada koordinat antara 7°45'10"S sampai 7°57'09"S dan 114°17'54"T sampai 114°28'09"T atau koordinat UTM (195000, 91450000) dan (225000, 91150000). Berbatasan sebelah utara dan timur dengan laut Bali, sebelah selatan Kabupaten Banyuwangi, dan sebelah barat Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur (lihat Gambar 1).

B. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan meliputi peta-peta dasar, antara lain: Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) skala 1 : 25.000, Peta *Landsystem* dan Peta administrasi skala 1:50.000. Citra Landsat ETM7+ yang memiliki resolusi 30m x 30m dengan 7 (tujuh) kanal dan 1 (satu) kanal Thermal, pada bulan yang sama Agustus untuk perekaman tahun 1999 dan 2010 serta citra radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mapper*) dengan resolusi 90m x 90m.

Alat penelitian meliputi peralatan survei lapangan antara lain phi band, haga meter, tambang, plastik spesimen, kompas, abney level, pH stik, blanko survei, kamera digital dan GPS. Peralatan untuk pengolahan citra digital dan SIG, antara lain: PC Arc/Info versi 3.4D plus, ILWIS 3.31 dan ArcView 3.3. Untuk tabulasi data diperlukan MS Excel.

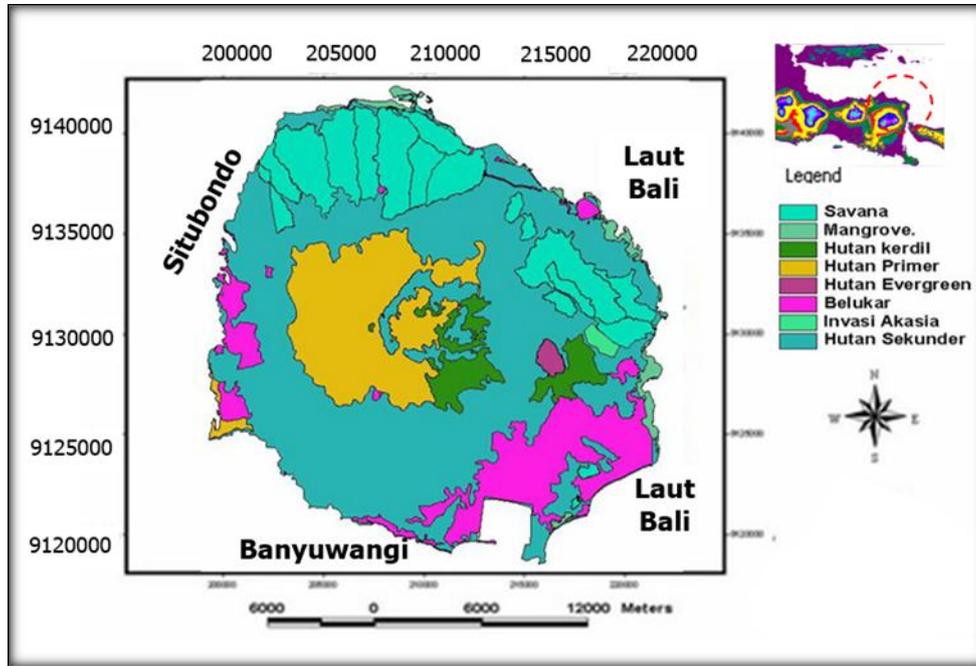
C. Tahapan Pelaksanaan/Rancangan Penelitian

Pelaksanaan survei lapangan dilakukan di Taman Nasional Baluran yang terletak di Situbondo, Jawa Timur. Tahap awal pelaksanaan penelitian dilakukan di kantor dengan menyiapkan bahan citra satelit yang akan dianalisis dengan membandingkan tahun pengambilan yang berbeda (1999 dan 2010). Selanjutnya dilakukan koreksi radiometri untuk perbaikan kondisi atmosferik dan koreksi geometri untuk kesamaan koordinat lokasi dengan citra SRTM untuk mengetahui kondisi geomorfologi lokasi dan sekaligus untuk

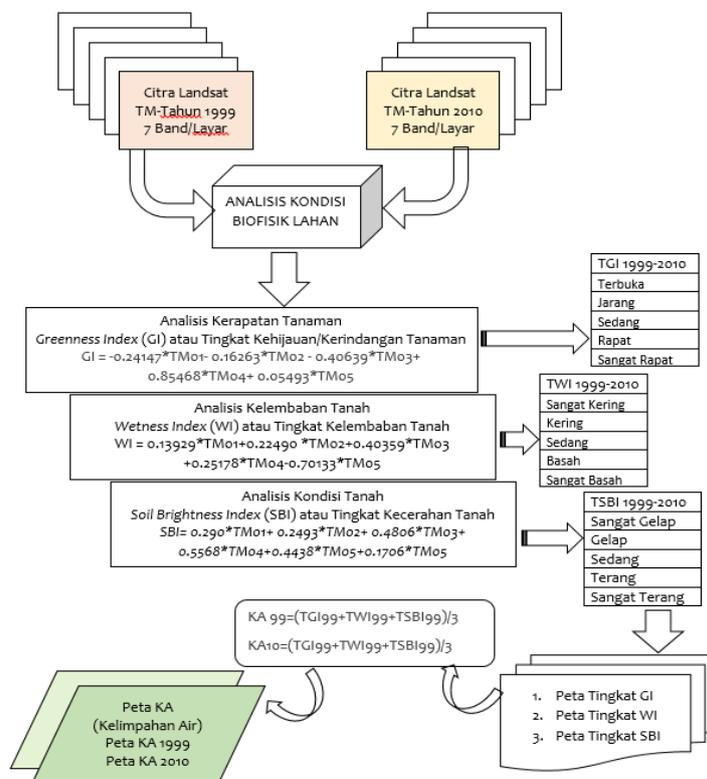
membantu menentukan batas TNB yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Sebagai petunjuk untuk menuju lokasi menggunakan peta lokasi milik TNB dan peta administrasi.

D. Analisis Data

Metode perhitungan kelimpahan air analisis citra satelit dengan kalkulasi raster menggunakan citra landsat tahun 1999 dan 2010 dapat dilihat pada diagram alur berikut ini (lihat Gambar 2).



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Taman Nasioanl Baluran (TNB), Jawa Timur.
Figure 1. Research Location in Baluran National Park (BNP), East Java.



Gambar 2. Diagram Alur Analisis Kelimpahan Air Tahun 1999 dan 2010.
Figure 2. Flowchart of Water Abundance Analysis of 1999 and 2010.

Analisis kondisi biofisik lahan yang terkait dengan kondisi kelimpahan air dengan 3 (tiga) formula sebagai berikut:

1. Analisis Kerapatan Tanaman

Dengan perhitungan *Greenness Index (GI)* atau Tingkat Kehijauan/Kerindangan Tanaman, (Olusegun & Adeyewa, 2013):

$$GI = -0.24147*TM01 - 0.16263*TM02 - 0.40639*TM03 + 0.85468*TM04 + 0.05493*TM05 \quad (1)$$

Perhitungan GI ini sebagai pendekatan untuk menetapkan tingkat kerapatan tanaman (Purwanto, *et al.*, 2014). Nilai spektral dari -47,2 sampai 128,5, sehingga dari perhitungan di atas selanjutnya dapat dikelaskan untuk kerapatan tanaman dari: terbuka (<-50), jarang (-50-0), sedang (0-50), rapat (50-100) sampai ke sangat rapat (100-150).

2. Analisis Kelembapan Tanah

Dengan perhitungan *Wetness Index (WI)* atau Tingkat Kelembapan Tanah menggunakan formula (Qin *et al.*, 2011):

$$WI = 0.13929*TM01 + 0.22490*TM02 + 0.40359*TM03 + 0.25178*TM04 - 0.70133*TM05 \quad (2)$$

Nilai spektral berkisar dari -40,9 sampai 107,2, sehingga dari kalkulasi di atas selanjutnya dapat dikelaskan kelembapan tanaman dari: sangat kering (<0), kering (0-30), sedang (30-60), basah (60-90) sampai sangat basah (90-120).

3. Analisis Kondisi Tanah

Perhitungan *Soil Brightness Index (SBI)* atau Tingkat Kecerahan Tanah dengan menggunakan formula (Mustafa *et al.*, 2009):

$$SBI = 0.290*TM01 + 0.2493*TM02 + 0.4806*TM03 + 0.5568*TM04 + 0.4438*TM05 + 0.1706*TM05 \quad (3)$$

Nilai spektral berkisar dari 63,2 sampai 558,7, sehingga dari kalkulasi di atas selanjutnya dapat dikelaskan kondisi tanah dari: sangat gelap (<150), gelap (150-300), sedang (300-450), terang (450-600) sampai sangat terang (600-750).

Masing-masing analisis GI, WI dan SBI dari citra landsat tahun 1999 dan 2010 menghasilkan: Peta Tingkat GI, Peta Tingkat WI dan Peta Tingkat SBI. Ketiga peta GI, WI dan SBI dilakukan penjumlahan untuk saling menambahkan informasi kondisi lapangan (Mustafa *et al.*, 2009). Dari hasil rata-rata ketiga peta tersebut dihasilkan Peta Kelimpahan Air (KA), yaitu Peta KA tahun 1999 dan Peta KA tahun 2010.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Taman Nasional Baluran (TNB) yang memiliki luas total 25.000 ha dengan kerapatan tanaman di TNB didominasi kondisi yang sedang yaitu 59,9% tahun 1999 dan 62,7% tahun 2010, kelembapan tanah didominasi basah 80,3% (1999) dan sangat basah 88,8% (2010), dan Kondisi tanah didominasi gelap (hitam) yaitu 78,3% (2010) dan 87% (1999), lihat Tabel 1. Kondisi ini menurut Neri *et al.* (2013) menunjukkan bahwa kerapatan tanaman di TNB masih perlu ditingkatkan untuk meningkatkan kelembapan tanah dan kondisi tanah tetap selalu gelap, sehingga kondisi kelimpahan air cukup bagi flora dan fauna di Taman Nasional.

Gambar 3 menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan selama satu dekade dari tahun 1999 dan tahun 2010 yaitu semakin kurang baik artinya ketersediaan air bagi flora dan fauna semakin menurun. Menurunnya ketersediaan air pada musim kemarau akan berdampak juga terjadinya kebakaran hutan dan lahan, terutama pada daerah padang rumput savana (PEH/Pengendali Ekosistem Hutan, 2006). Hal tersebut karena kemarau panjang akan menyebabkan kekeringan yang memuncak dan berpotensi terjadinya kebakaran hutan dan lahan (Hendrati, *et al.*, 2016).

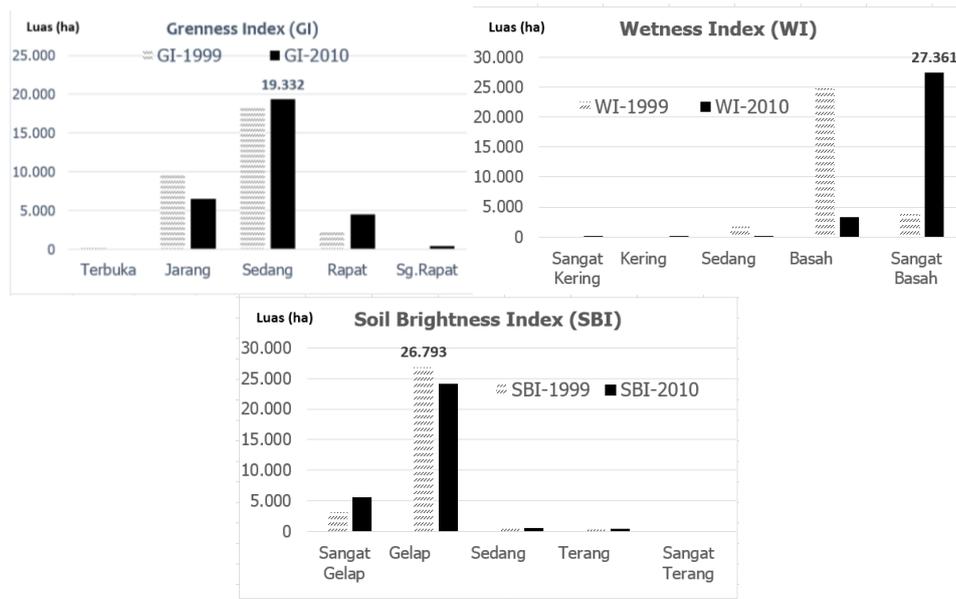
Kelimpahan Air (KA) didominasi sedang dan sedikit tersedia air, dan mengalami pergeseran dari dominasi sedang tahun 1999 seluas 26.117 ha menjadi sedikit tersedia pada tahun 2010 seluas 18.452 ha (Gambar 4).

Tabel 1. Persentase kelas tingkat kerapatan tanaman, kelembapan dan kondisi tanah
Table 1. Percentage class of level density plant, soil moisture and soil conditions

Kelas (Classes)	<i>Greenness Index (GI)</i> Kerapatan Tanaman (Plant density)		WI- Kelembapan Tanah (Soil moisture)		SBI- Kondisi Tanah (Soil condition)				
	1999	2010	1999	2010	1999	2010			
1	1.Terbuka	0,7	0,0	1.Sg.Kering	0,1	0,0	1.Sg.Gelap	10,1	18,1
2	2.Jarang	32,1	21,1	2.Kering	1,5	0,1	2.Gelap	87,0	78,3
3	3.Sedang	59,9	62,7	3.Sedang	5,6	0,3	3.Sedang	1,8	1,9
4	4.Rapat	7,2	14,7	4.Basah	80,3	10,8	4.Terang	1,2	1,7
5	5.Sg.rapat	0,0	1,4	5.Sg.Basah	12,6	88,8	5.Sg.Terang	0,0	0,0

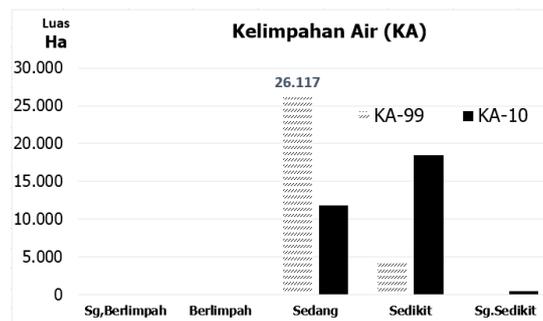
Sumber: hasil analisis 2016

Source: results analysis, 2016



Gambar 3. Hasil analisis raster kerapatan tanaman (GI), kelembapan tanah (WI) dan kondisi tanah (SBI) tahun 1999 dan 2010.

Figure 3. Results raster analysis of plant density (GI), soil moisture (WI) and the soil condition (SBI) of 1999 and 2010.



Gambar 4. Perubahan kelimpahan air tahun 1999 dan tahun 2010.

Figure 4. Change of water abundance of the year 1999 and 2010.

Kecenderungan semakin menurunnya kelimpahan air selama satu dekade di TNB sangat membahayakan bagi kelangsungan hidup fauna (hewan) yang semakin sulit mencari air untuk minum. Menurunnya kelimpahan air ini disebabkan oleh faktor iklim ekstrim dan meningkatnya populasi tanaman dan hewan yang banyak membutuhkan air. Menurunnya kelimpahan air di TNB ini juga semakin berpotensi menyebabkan terjadinya kebakaran sehingga populasi flora (tanaman) juga semakin berkurang. Menurunnya flora juga disebabkan adanya invasi dari tanaman yang didatangkan dari luar seperti tanaman berduri sekat bakar *Acasia nilotica* yang semakin mendesak keberadaan tanaman endemik (asli).

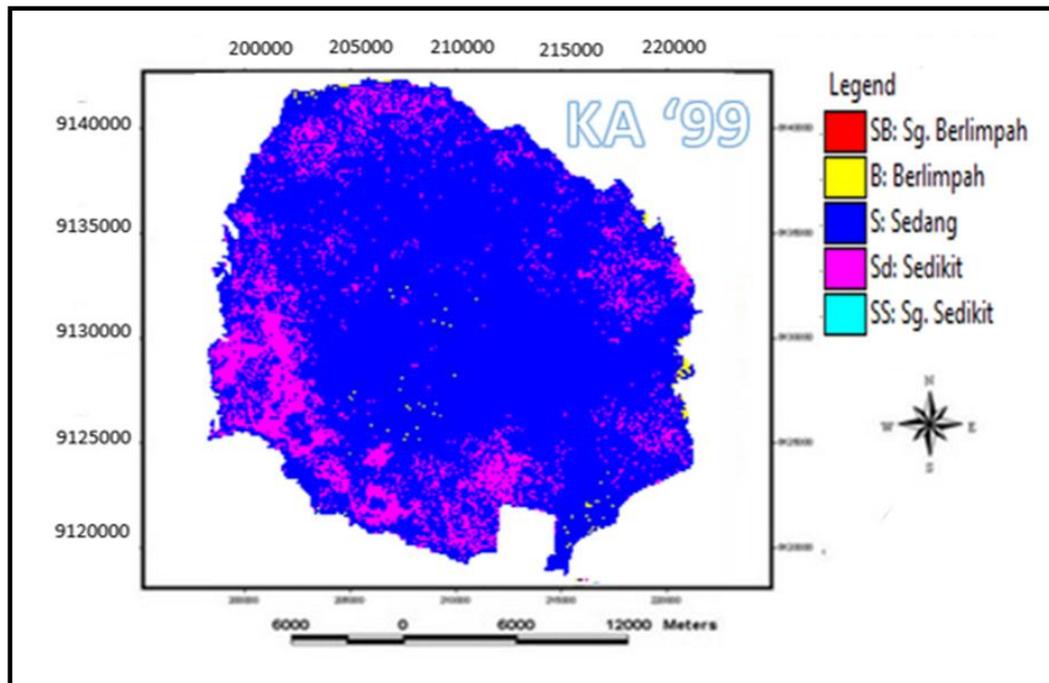
Distribusi kelimpahan air dapat dilihat pada Gambar 4 yaitu nampak mengalami pergeseran dari kondisi ketersediaan air yang sedang (arsiran) tahun 1999 dan mengalami penurunan menjadi sedikit (warna hitam) pada tahun 2010.

Kondisi kelimpahan air di TNB ditentukan oleh tingkat kerapatan tanaman, jenis tanaman, dan kondisi tanah (Antara, 2016). Semakin meningkat ketersediaan air maka akan semakin meningkat manfaat air bagi tanaman (flora) dan hewan (fauna), (Bates *et al.*, 2008). Dalam hal ini kelimpahan air terjadi pada daerah basah, sangat rapat dengan tanaman, pada daerah atas (bukit atau gunung), dan rekahan keluarnya air bawah tanah. Menurut Loarie *et al.*, (2009) daerah basah di bawah antara lain: mangrove, pantai atau pesisir, intrusi air laut, dan rob air laut yang naik ke daratan.

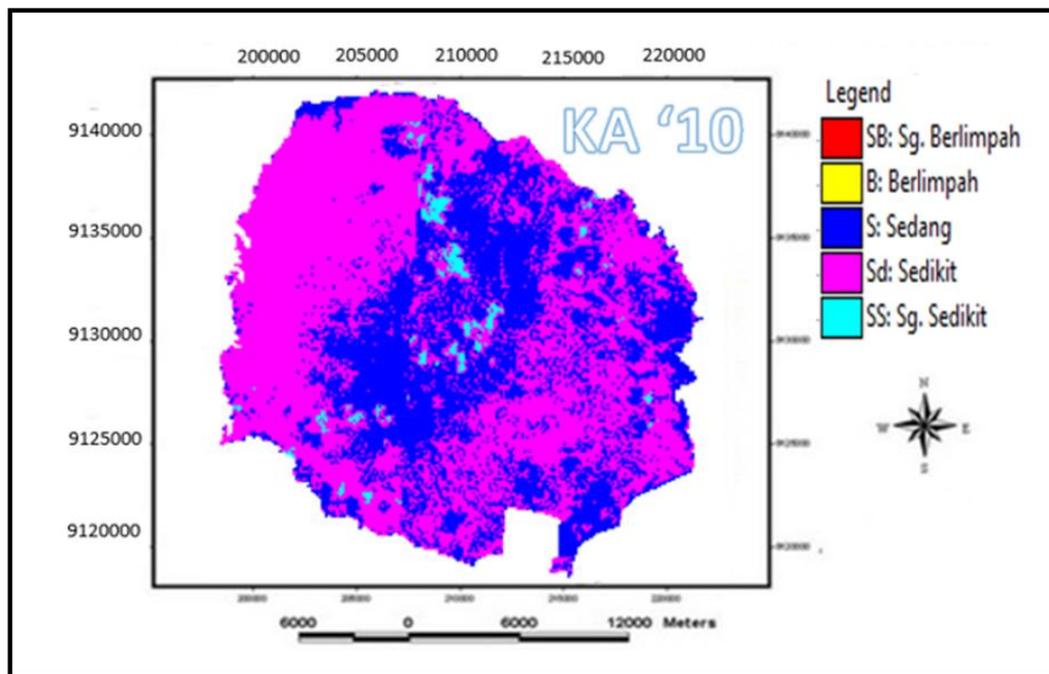
Dari hasil pengamatan dan penelitian maka kondisi kelimpahan air selama satu dekade semakin menurun antara tahun 1999 dan 2010 yaitu untuk kondisi sedang dari 85% menjadi 38%, sebaliknya kelimpahan air yang rendah (sedikit) semakin meningkat dari 15% menjadi 60%. Pengambilan sampel titik-titik kelimpahan air di lapangan sejumlah 5 tingkat kerapatan tanaman, 5

tingkat kelembapan tanah, dan 5 tingkat kondisi tanah yang diulang masing-masing 3 kali. Kondisi tingkat kelimpahan air di lapangan dibandingkan dengan kondisi di peta hasil analisis citra satelit. Hasil analisis diperoleh tingkat akurasi kelimpahan air di lapangan lebih dari 80% yaitu tepatnya 91%. Distribusi kelimpahan air pada saat

kondisi tahun 1999 dan tahun 2010 di TN Baluran dapat dilihat pada Gambar 5. Pada tahun 1999 di dominasi kelimpahan air pada tingkat sedang yang tersebar merata (lihat Gambar 5a.), dibandingkan pada tahun 2010 yang mengalami penurunan yaitu didominasi pada tingkat sedikit kelimpahan air (Gambar 5b.).



a. Tahun 1999 (year 1999)



b. Tahun 2010 (year 2010)

Gambar 5. Kondisi kelimpahan air pada tahun 1999 dan tahun 2010.
Figure 5. Water abundance conditions in 1999 and in 2010.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Permasalahan kekeringan dan kebakaran pada daerah savana dapat dideteksi dari analisis citra satelit dengan menganalisis sebaran kelimpahan air. Kondisi kelimpahan air sebagai indikator ketersediaan air, yaitu makin meningkat ketersediaan air, maka akan makin meningkat manfaat air bagi tanaman (flora) dan hewan (fauna). Kelimpahan air terjadi pada daerah basah, sangat rapat dengan tanaman, pada daerah atas (bukit atau gunung), dan rekahan keluarnya air bawah tanah.

Kelimpahan air ditetapkan berdasarkan : (1) kerapatan tanaman (GI = *Grenness Index*), (2) kelembapan tanah (WI = *Wetness Index*), dan (3) kondisi tanah (SBI = *Soil Brightness Index*). Dengan berpedoman pada ke 3 faktor selanjutnya diperoleh 5 tingkatan kelimpahan air : 1) Sangat berlimpah, 2) Berlimpah, 3) Sedang, 4) Sedikit, dan 5) Sangat sedikit.

Daerah basah pada daerah bawah antara lain: daerah Mangrove, Pantai atau Pesisir, Intrusi air laut, dan Rob air laut yang naik ke daratan. Kondisi kelimpahan air selama satu dekade semakin menurun antara tahun 1999 dan 2010 yaitu untuk kondisi sedang dari 85% menjadi 38%, sebaliknya kelimpahan air yang rendah (sedikit) semakin meningkat dari 15% menjadi 60%. Tingkat akurasi kelimpahan air di lapangan adalah 91% (lebih dari 80%).

B. Saran

Perlu dilakukan validasi ulang metode ini dengan membandingkan hasil analisis citra satelit dengan kondisi riil di lapangan. Jika akurasi lebih dari 80% maka penelitian analisis kelimpahan air ini dapat dilanjutkan untuk beberapa taman nasional guna mengetahui distribusi ketersediaan air demi menjaga kelestarian ekosistem untuk flora dan fauna yang ada di dalamnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengumpulan data di lapangan: Arina Miardini, S.Hut, MSc yang telah membantu dalam menganalisis vegetasi dan penutupan lahan serta Susi Abdiyani, S.Hut, M.Env. Mgmt. yang telah membantu dalam identifikasi jenis tanaman. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada Bambang Dwi Atmoko, Gunawan dan Aris Boediyono yang telah menyiapkan segala perlengkapan survei. Ucapan terimakasih terutama kepada Kepala Balai Taman Nasional Baluran beserta seluruh staf yang telah membantu kelancaran survei di lokasi. Begitu juga ucapan terima kasih kepada Kepala Balai BP2TPDAS Solo

beserta para peneliti, teknisi dan staf yang telah membantu di lapangan maupun di kantor.

DAFTAR PUSTAKA

- (PEH) Pengendali Ekosistem Hutan. (2006). *Laporan Kegiatan Pengendali Ekosistem Hutan. Pengumpulan Data dan Informasi Produktivitas Savana Bekol pada Musim Kemarau* (Laporan). Situbondo.
- Antara, K. (2016). 55 hektar hutan Taman Nasional Baluran (TNB) terbakar. *Antara News*, p. 1. Situbondo, Jawa Timur. Minggu, 11 September 2016 15:47 WIB. <http://www.antaranews.com/berita/583800/>
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S., & Palutikof, J. P. (2008). *Climate Change and Water. Climate change and water*. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2010.08.039>
- Cox, R. S., & Perry, K. M. E. (2011). Like a Fish Out of Water: Reconsidering Disaster Recovery and the Role of Place and Social Capital in Community Disaster Resilience. *American Journal of Community Psychology*, 48(3-4), 395-411. <https://doi.org/10.1007/s10464-011-9427-0>
- Guo, H., Huang, Q., Li, X., Sun, Z., & Zhang, Y. (2013). Spatiotemporal analysis of urban environment based on the vegetation-impervious surface-soil model. *Journal of Applied Remote Sensing*, 8(1), 1-16. Retrieved from <http://remotesensing.spiedigitallibrary.org/article.aspx?doi=10.1117/1.JRS.8.084597>
- Hadi, B. S. (2008). *Diklat Kuliah Geografi Regional Indonesia. Universitas Negeri Yogyakarta*. Yogyakarta: (Tidak dipublikasikan).
- Hendrati, R. L., Rachmawati, D., & Asri Cahyaning Pamuji. (2016). Respon Kekeringan Terhadap Pertumbuhan, Kadar Prolin dan Anatomi Akar *Acacia auriculiformis* Cunn., *Tectona grandis* L., *Alstonia spectabilis* Br., dan *Cedrela odorata* L. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 5(2) 123-133.
- Hoffmann, A. A., & Sgrò, C. M. (2011). Climate change and evolutionary adaptation. *Nature*, 470(7335), 479-485. <https://doi.org/10.1038/nature09670>
- Huang, C., Wylie, B., Yang, L., Homer, C., & Zylstra, G. (2002). Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, 23(8), 1741-1748. <https://doi.org/10.1080/01431160110106113>
- Loarie, S. R., Duffy, P. B., Hamilton, H., Asner, G. P., Field, C. B., & Ackerly, D. D. (2009). The velocity of climate change. *Nature*, 462(7276), 1052-1055. <https://doi.org/10.1038/nature08649>
- Loppies, R. (2010). Analisis Penutupan Penggunaan Lahan Menggunakan Klasifikasi Kemiripan Maksimum (Maximum Likelihood Classification) di Pulau Saparua dan Molana, Kecamatan Saparua. *Jurnal Agroforestri*, 5(1), 3-9.

- Mustafa, A. A., Singh, M., Sahoo, R. N., Ahmed, N., Khanna, M., And, A. S., & Mishra, A. K. (2009). Mapping of Degraded Lands from Multidate Remotely Sensed Data Using Decision Tree Based Classification (DTC). *Soil Science and Agricultural Chemistry*, 3(1), 1-22.
- Neri, A. V., Schaefer, C. E. G. R., Souza, A. L., Ferreira-Junior, W. G., & Meira-Neto, J. A. A. (2013). Pedology and plant physiognomies in the cerrado, Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 85(1), 87-102. <https://doi.org/10.1590/S0001-3765201300010007>
- Olusegun, C. F., & Adeyewa, Z. D. (2013). Spatial and Temporal Variation of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Rainfall in the North East Arid Zone of Nigeria. *Atmospheric and Climate Sciences*, 3(4), 421-426. <https://doi.org/10.4236/acs.2013.34043>
- Purwanto, A. D., Asriningrum, W., Winarso, G., & Parwati, E. (2014). Analisis Sebaran dan Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 di Segara Anakan, Cilacap. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, 21 April 2014, p232-241.
- Qin, C. Z., Zhu, A. X., Pei, T., Li, B. L., Scholten, T., Behrens, T., & Zhou, C. H. (2011). An approach to computing topographic wetness index based on maximum downslope gradient. *Precision Agriculture*, 12(1), 32-43. <https://doi.org/10.1007/s11119-009-9152-y>
- Toth, C., & Józków, G. (2016). Remote sensing platforms and sensors: A survey. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 11(5), 22-36. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.004>
- Wang, K., Franklin, S. E., Guo, X., & Cattet, M. (2010). Remote sensing of ecology, biodiversity and conservation: A review from the perspective of remote sensing specialists. *Sensors*, 10(1), 9647-9667. <https://doi.org/10.3390/s101109647>