

SUKSESI VEGETASI DI GUNUNG MERAPI MENGGUNAKAN CELLULAR AUTOMATA DENGAN REFERENSI TERTENTU PADA MODEL RANTAI MARKOVIAN UNTUK PEMODELAN TERINTEGRASI SISTEM SOSIAL-LINGKUNGAN

Wikan Jaya Prihantarto¹ dan Wenang Anurogo²

¹ Faculty of Geography, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, 55281 Yogyakarta, Indonesia

² Geomatics Engineering, Politeknik Negeri Batam, Batam 29461, Indonesia Corresponding author: wenang@polibatam.ac.id

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Maret 2020

Disetujui Mei 2020

Dipublikasikan

Juni 2020

Keywords:

Suksesi Vegetasi,
Penginderaan Jauh,
Cellular Automata,
Rantai Markovian

Abstrak

Suksesi vegetasi merupakan suatu proses alami yang terjadi pada suatu ekosistem. Proses suksesi dimulai dari perkembangan tanaman perintis yang berkembang menggantikan secara gradual oleh vegetasi sejati dengan kanopi yang jelas hingga menjadi vegetasi berkayu keras. Perkembangan tersebut dapat terjadi akibat adanya kompetisi dan penyesuaian dengan lingkungan yang ada. Penginderaan jauh memberikan kemudahan dalam monitoring perubahan tutupan lahan oleh vegetasi dengan kemampuan *synoptic overview* yang dimiliki. Selaras dengan hal tersebut, perkembangan Sistem Informasi Geografis memungkinkan pemodelan multitemporal untuk prediksi, salah satunya dengan metode *cellular automata*. Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan perembetan vegetasi di sebagai bentuk suksesi pada daerah terdampak erupsi gunungapi dengan menggunakan metode *cellular automata*. Selain itu, penelitian ini diarahkan untuk mengevaluasi hasil pemodelan perembetan vegetasi *cellular automata*. Kelas strata vegetasi yang ada meliputi vegetasi kerapatan rendah, sedang, dan tinggi berkembang secara spasial serta mengekspansi lahan berpasir secara natural dari tahun 2011 hingga 2015. Sekalipun hasil model 2015 menunjukkan statistik yang cukup logis dimana tidak memungkinkan terjadinya perubahan dari level tutupan yang lebih tinggi, namun tidak memberikan signifikansi pada pola spasial saat divalidasi dengan data eksisting tahun 2015. Akurasi total model sebesar 0,703 dengan nilai indeks kappa sebesar 0,579 menunjukkan pemodelan *cellular automata* untuk kasus ini perlu dievaluasi.

ISSN: 2252-9195

E-ISSN: 2714-6189

PENDAHULUAN

Suksesi vegetasi merupakan suatu proses alami yang terjadi pada suatu ekosistem (Cooke, et al, 2004). Proses suksesi dimulai dari perkembangan tanaman perintis yang berkembang tergantikan secara gradual oleh vegetasi sejati dengan kanopi yang jelas hingga menjadi vegetasi berkayu keras. Perkembangan tersebut dapat terjadi akibat adanya kompetisi dan penyesuaian dengan lingkungan yang ada (Austin, 2002). Selain perubahan secara vertikal, perubahan juga memungkinkan terjadi secara horizontal dimana vegetasi menyebar dan merembet menuju area yang memiliki daya dukung yang sesuai. Kelas yang menunjukkan perubahan horizontal ini cukup jelas untuk dibedakan dan dipetakan. Kerapatan vegetasi dapat dijadikan salah satu variabel pengganti untuk pembedaan kelas dalam proses suksesi vegetasi.

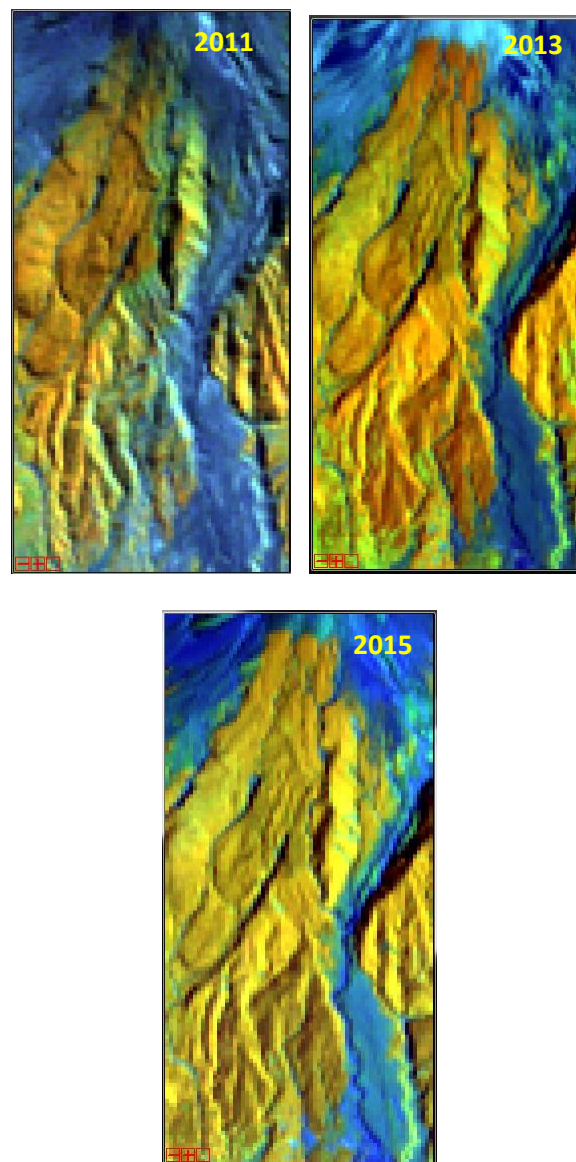
Pengideraan jauh memberikan kemudahan dalam monitoring perubahan tutupan lahan oleh vegetasi dengan kemampuan synoptic overview yang dimiliki. Selaras dengan hal tersebut (Anurogo et al, 2018; Rizky et al, 2018), perkembangan Sistem Informasi Geografis memungkinkan pemodelan multitemporal untuk prediksi, salah satunya dengan metode cellular automata (Susilo, 2013; Wijaya et al, 2015). Lebih lanjut, Susilo, 2013, menerangkan metode tersebut mampu menjelaskan fenomena perubahan yang kompleks dengan pendekatan yang sederhana.

Pemodelan prediksi perubahan tutupan lahan alami yang menggambarkan suksesi vegetasi dihipotesiskan dapat dimodelkan dengan menggunakan metode cellular automata. Dengan berbagai logika yang digunakan, metode tersebut tentunya perlu dikaji terkait kemampuan dan akurasi yang akan dihasilkan.

METODE

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan data time series tutupan lahan pada sebagian kecil daerah terdampak erupsi Gunungapi Merapi. Citra Landsat 8 OLI tahun dengan tahun perekaman 2011, 2013 dan 2015 diklasifikasi terselia dengan algoritma maximum likelihood untuk menurunkan informasi tutupan vegetasi (Antoni et al, 2018;

Anurogo et al, 2018). Kelas yang digunakan adalah pasir, vegetasi kerapatan rendah, sedang dan tinggi. Vegetasi kerapatan rendah dalam hal ini mewakili vegetasi rumput yang merupakan agen suksesi pada tahap pertama. Vegetasi kerapatan sedang mewakili kelas vegetasi herba, semak dan pohon ukuran sedang yang merupakan agen suksesi tahap kedua. Sedangkan vegetasi kerapatan tinggi mewakili pohon kayu keras ada di lokasi.



Gambar 1 Citra Landsat 8 OLI sebagian lereng selatan Gunungapi Merapi perekaman tahun 2011, 2013 dan 2015 memperlihatkan perubahan tutupan vegetasi alami (USGS, 2016)

Peta raster penutupan lahan hasil klasifikasi tahun 2011 dan 2013 digunakan sebagai input dalam pemodelan probabilitas

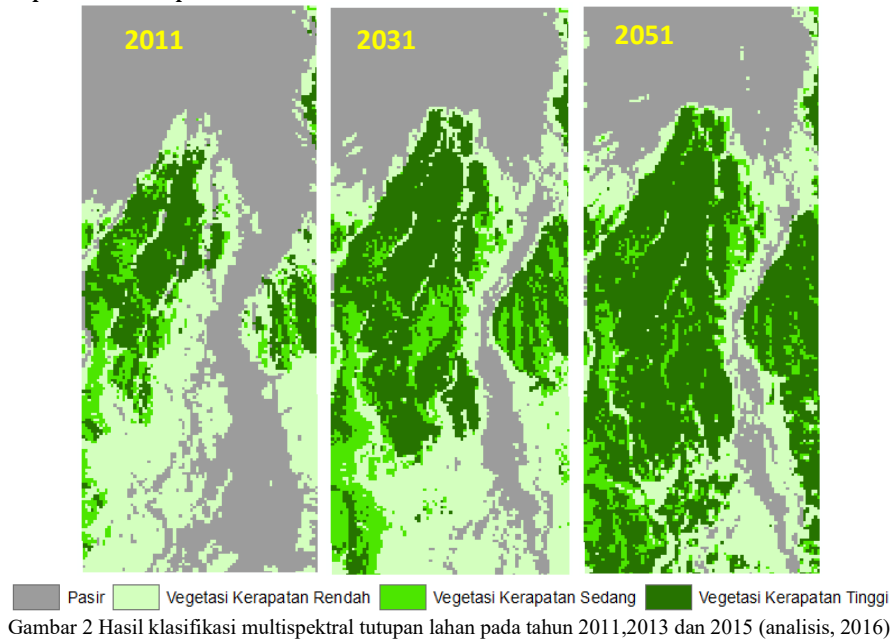
perubahan. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan analisis cellular automata metode rantai markov untuk menghasilkan citra probabilitas perembetan vegetasi. Asumsi yang digunakan adalah daerah yang terdampak oleh erupsi gunungapi kehilangan daya dukungnya berkembangnya tanaman. Seiring berjalannya waktu, vegetasi pada level terendah dapat tumbuh, salah satunya rumput. Sukses terjadi dengan meningkatnya level vegetasi dan kerapatannya. Perubahan alami yang terjadi akan berakhir hingga tumbuhan kayu keras/tahunan mampu tumbuh.

Pemodelan probabilitas perubahan dibuat untuk rentang waktu 2 tahun atau tahun 2015. Model tutupan vegetasi pada tahun 2015 diuji akurasi menggunakan metode cross tabulation dengan citra Landsat 8 OLI tahun perekaman 2015. Hasil prosentase nilai statistik uji akurasi digunakan untuk menarik kesimpulan hasil pemodelan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Probabilitas Perubahan Tutupan Lahan

Citra Landsat 8 OLI perekaman tahun 2011 menunjukkan sebaran lahan yang terdampak erupsi mendominasi lokasi lembah sungai dengan luas total 756,08 Ha atau 50,96 % dari keseluruhan cakupan kajian. Vegetasi kerapatan rendah memiliki luas 442,46 Ha (29,82 %), kerapatan sedang seluas 99,79 Ha (6,72 %) dan kerapatan tinggi 185,22 Ha (12,48 %). Dua tahun berselang, lahan yang tertutup pasir volaknik mengalami penyusutan menjadi 474 Ha (31,95 %) karena mulai ditumbuhi oleh vegetasi perintis dengan kerapatan rendah. Vegetasi dengan kerapatan sedang mengalami pertumbuhan dan ekspansi hingga luasnya meningkat menjadi 182,83 Ha (12,32%). Vegetasi kerapatan tinggi yang mancapai batas pertumbuhan mengalami peningkatan luasan menjadi 389,64 Ha (26,26%).



Tabel 1. Luas tutupan lahan berdasarkan hasil interpretasi dan pemodelan

Kelas	Luas (Ha)		
	2011	2013	2015
Pasir	756.08	474	399.15
VKR	442.46	437.08	315.44
VKS	99.79	182.83	148.9
VKT	185.22	389.64	620.06

Hasil pemodelan yang dilakukan dengan metode rantai markov pada empat kelas yang menghasilkan probabilitas perubahan seperti yang tersaji dalam tabel 2. Indeks probabilitas perubahan pasir menjadi pasir adalah 0,627, sedangkan kemungkinan berubah menjadi vegetasi kerapatan rendah (VKR) cukup besar dibandingkan dengan kelas lain, yaitu 0,326. Perubahan vegetasi

kerapatan rendah menjadi kerapatan rendah cenderung lebih besar ditunjukkan dengan nilai indeks 0,431. Nilai ini terpaut cukup signifikan dengan perubahan menuju vegetasi kerapatan sedang (VKS) dan tinggi (VKT), yaitu sebesar 0,259.

Tabel 2 Indeks probabilitas perubahan untuk setiap kelas tutupan lahan

Kelas	Pasir	VKR	VKS	VKT
Pasir	0.627	0.326	0.017	0.03
VKR	0	0.431	0.259	0.311
VKS	0	0	0.559	0.441
VKT	0	0	0	1

Hal yang menarik ditunjukkan oleh indeks probabilitas perubahan vegetasi kerapatan sedang menjadi tinggi, yaitu bernilai 0,311 dimana nilai tersebut lebih besar dari perubahan menuju vegetasi kerapatan sedang. Vegetasi kerapatan sedang memiliki probabilitas berubah menjadi vegetasi kerapatan tinggi sebesar 0,441. Nilai indeks perubahan antara satu kelas bernilai 0 untuk menjadi level kelas yang lebih rendah. Hal tersebut diakibatkan tidak terdapat perubahan berupa penurunan kelas kerapatan vegetasi.

Perubahan Tutupan Lahan

Pemodelan perubahan tutupan lahan pada tahun 2015 menunjukkan penyusutan lahan pasir menjadi 303,9 Ha atau 20 % dari luas total. Tutupan vegetasi kerapatan rendah mengalami ekspansi dengan luasan sebesar

342,74 Ha (23,102%). Hal yang sama juga terjadi pada kelas kerapatan sedang dan tinggi, yaitu 220,47 Ha (14,86%) Ha dan 620,89 Ha (41,85%). Peta hasil pemodelan selanjutnya dianalisis menggunakan data hasil klasifikasi tahun 2015 dengan metode *cross tabulation*.

Lahan berpasir terproyeksikan menjadi seluas 297,1 Ha dan memiliki kesamaan luas dengan data eksisting tahun 2015 sebesar 289,2 Ha untuk kelas pasir dan 7,88 Ha merupakan vegetasi kerapatan rendah. Kelas vegetasi kerapatan rendah terproyeksi seluas 342,9 Ha dimana luas tersebut lebih besar dari luas eksisting sebesar 325,44 Ha. Proyeksi perbedaan dengan data eksisting hingga melebihi dari 100 Ha. Proporsi perbedaan yang besar antara hasil pemodelan dengan data asli juga terjadi pada kelas vegetasi kerapatan sedang dan tinggi.

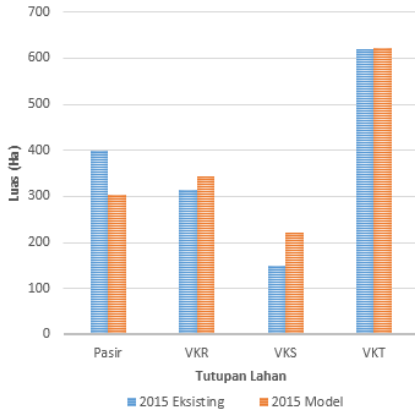
Tabel 3 tabel silang akurasi data dan luas tutupan lahan berdasarkan hasil pemodelan dan klasifikasi

		Eksisting 2015									
Kelas		Pasir	%	VKR	%	VKS	%	VKT	%	Luas Total (Ha)	%
Model 2014	Pasir	289.22	0.19	89.70	0.06	7.63	0.01	12.60	0.01	399.41	0.27
	VKR	7.88	0.01	197.56	0.13	31.02	0.02	78.98	0.05	315.60	0.21
	VKS	0.00	0.00	15.21	0.01	79.81	0.05	53.88	0.04	148.96	0.10
	VKT	0.00	0.00	40.41	0.03	104.67	0.07	479.43	0.32	624.61	0.42
Luas Total (Ha)		297.10	0.20	342.88	0.23	223.13	0.15	624.89	0.42	1488.58	

Hal ini memperlihatkan pola suksesi yang cukup signifikan karena kemungkinan

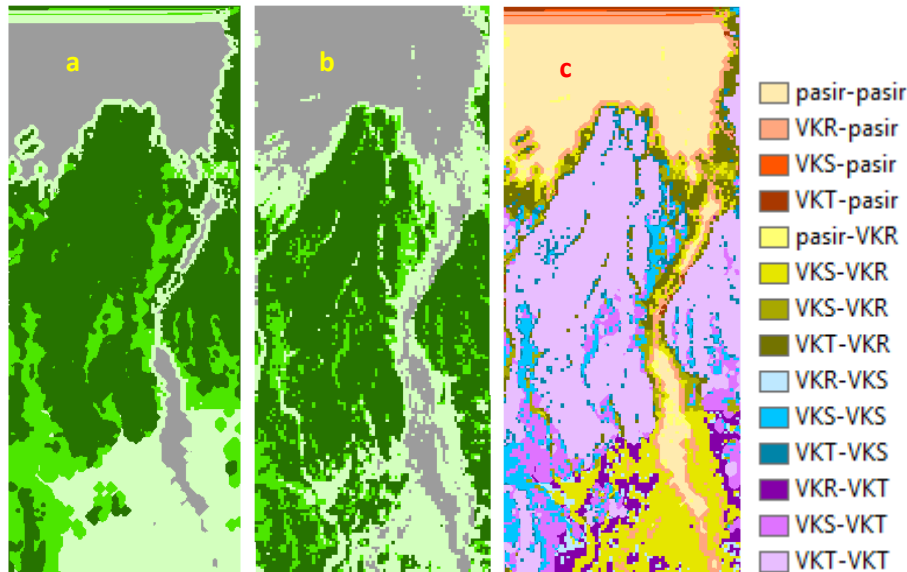
vegetasi yang dapat hidup secara alami dalam lahan baru dimulai dari rumput (vegetasi

kerapatan rendah). Hal tersebut menunjukkan perubahan tutupan secara suksesi alami tidak memungkinkan kembali ke strata vegetasi yang lebih rendah.



Gambar 3 Grafik perbandingan luas penutupan lahan antara data eksisting dan pemodelan tahun 2015

Data statistik hasil cross tabulation memperlihatkan terdapat beberapa



Gambar 4 Perbandingan spasial tutupan lahan hasil pemodelan (a) dengan data eksisting (b) tahun 2015 serta hasil cross tabulation (c) untuk setiap kelas tutupan lahan

Gejala kesalahan terjadi pada kelas vegetasi kerapatan tinggi menjadi vegetasi kerapatan rendah yang mencapai 78, 98 Ha. Selain itu terdapat pola garis horizontal pada tepi peta raster untuk kelas vegetasi kerapatan rendah, sedang dan tinggi. Serangkaian gejala tersebut kemungkinan diakibatkan oleh pemodelan dengan metode rantai markov hanya

kemungkinan yang mendekati logika suksesi, namun jika ditinjau dari sebaran spasialnya terdapat beberapa hal yang perlu menjadi catatan. Terdapat perubahan penutupan lahan yang tidak sesuai, seperti perembetan vegetasi kerapatan kering dalam perimeter pasir yang membentuk pola buffer. Selain itu terdapat pola kesalahan penurunan kelas tutupan vegetasi sekalipun memiliki luasan yang kecil.

Faktor lain yang memungkinkan memperburuk akurasi adalah jumlah kelas dan akurasi dalam klasifikasi. Perubahan yang terjadi pada jumlah kelas yang lebih banyak secara logika membutuhkan faktor pengaruh yang lebih besar. Hasil klasifikasi dari tahun 2011, 2013 dan 2015 telah dievaluasi disesuaikan agar tidak terdapat penurunan kelas kerapatan sehingga nilai konfidensi nya adalah 100%. Sekalipun demikian akurasi tidak didukung dengan evaluasi data lapangan menjadikan perembetan kesalahan (error propagation) pada model tahun 2015 menjadi besar.

mendasarkan pada perubahan yang terjadi pada waktu lampau saja. Metode ini tidak mempertimbangkan aspek lain yang berpengaruh pada fenomena di lapangan seperti kelerengan, keberadaan sumberdaya air dan aspek alami lain. Jika dilihat secara statistik, akurasi total dari model yang divalidasi dengan data eksisting 2015 adalah 0,703 dengan indeks

kepercayaan kappa 0,579 dapat diambil kesimpulan model tersebut masih belum mampu memberikan hasil yang akurat.

SIMPULAN

Kesimpulan dari serangkaian analisis yang dilakukan adalah suksesi vegetasi terjadi pada daerah kajian dapat dimodelkan dengan metode *cellular automata*. Kelas strata vegetasi yang ada meliputi vegetasi kerapatan redah, sedang, dan tinggi berkembang secara spasial serta mengekspansi lahan berpasir secara natural dari tahun 2011 hingga 2015. Sekalipun hasil model 2015 menunjukkan statistik yang cukup logis dimana tidak memungkinkan terjadinya perubahan dari level tutupan yang lebih tinggi, namun tidak memberikan signifikansi pada pola spasial saat divalidasi dengan data eksisting tahun 2015. Akurasi total model sebesar 0,703 dengan nilai ideks kappa sebesar 0,579 menunjukkan pemodelan *cellular automata* untuk kasus ini perlu dievaluasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni, S., Bantan, R. A., Taki, H. M., Anurogo, W., Lubis, M. Z., Al Dubai, T. A., ... & Arabia, S. (2018). The extent of agricultural land damage in various tsunami wave height scenarios: Disaster management and mitigation. *Intl Arch Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci. DOI, 10*.
- Anurogo, W., Lubis, M. Z., & Mufida, M. A. K. (2018). Modified soil-adjusted vegetation index in multispectral remote sensing data for estimating tree canopy cover density at rubber plantation. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 3*(1), 15-24.
- Anurogo, W., Lubis, M. Z., Sari, L. R., Mufida, M. A. K., & Prihantarto, W. J. (2018, August). Satellite-based Estimation of Above Ground Carbon Stock Estimation for Rubber Plantation in Tembir Salatiga Central Java. In *2018 4th International Conference on Science and Technology (ICST)* (pp. 1-6). IEEE.
- Austin, M. P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *J. Ecological Modelling 157: 101-118*
- Cooke, S.J., Hinch, S.G., Wikelski M., Andrews R.D., Kuchel LJ, Wolcott T.G., Butler P.J. 2004. Biotelemetry: a mechanistic approach to

ecology. *Trends in Ecology and Evolution 19:334-343*

- Rizki, F., Situmorang, A. D. L., Wau, N., Lubis, M. Z., & Anurogo, W. (2017). Mapping Of Vegetation And Mangrove Distribution Level In Batam Island Using SPOT-5 Satellite Imagery. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 2*(4), 264-267.
- Susilo, Bowo. 2013. Simulasi spasial berbasis sistem informasi geografi dan cellular automata untuk pemodelan perubahan penggunaan lahan di daerah pinggiran kota yogyakarta. *J. Bumi lestari 13 No. 2: 327-340*
- Wijaya, M. S., Umam, Nuril. 2015. Pemodelan Spasial Perkembangan Fisik Perkotaan Yogyakarta Menggunakan Model Cellular Automata dan Regresi Logistik Biner. *Majalah ilmiah globè 17: 165-172*