



ANALISIS POLA PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN BERDASARKAN METODE *SPATIAL CLUSTER* DI PROVINSI JAWA BARAT

Albertus Deliar^{1*}, Paulus B.K. Santoso^{2,3}, Riantini Virtriana¹,

¹Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

²Fakultas Teknik Lingkungan, Universitas Sahid Jakarta, Jakarta, Indonesia

³Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian, Jakarta, Indonesia

*Email Koresponden: albertus.deliar@gmail.com

Diterima: 22-11-2022, Revisi: 20-05-2023, Disetujui: 11-06-2023

©2023 Program Studi Pendidikan Geografi, FISE, Universitas Hamzanwadi

Abstrak Secara empiris, tutupan lahan di Provinsi Jawa Barat menunjukkan adanya sebaran pola perubahan secara signifikan. Informasi pola sebaran ini menjadi penting untuk diketahui agar dapat diidentifikasi penyebabnya. Studi ini mempunyai tujuan untuk menemukannya pola perubahan lahan dari perspektif spasial, khususnya di Provinsi Jawa Barat. Pencapaian tujuan melibatkan analisis pola cluster global dan pola *cluster* local untuk mengetahui pola dan konsentrasi lokasi perubahan tutupan lahan. Analisis pola *cluster* global mengidentifikasi pola sebaran data di suatu wilayah, sementara analisis pola *cluster* lokal mengidentifikasi keberadaan *cluster* yang terjadi di setiap lokasi. Penentuan pola distribusi spasial menggunakan metode statistik Global Moran yang menghasilkan informasi umum tentang pola distribusi untuk seluruh area. Studi ini juga menganalisis pola setiap titik terhadap pola sekitarnya yang memanfaatkan metode Local Moran untuk penyelesaiannya. Pelibatan Sistem Informasi Geografis (SIG) melengkapi studi ini yang menunjukkan bahwa 8,2% dari luas yang ada di Jawa Barat terjadi perubahan tutupan lahan. Analisis Global Moran memberikan informasi bahwa perubahan lahan di Jawa Barat membentuk pola *cluster*. Analisis Local Moran menghasilkan 7,94% untuk tipe HH pada lokasi lahan yang mengalami perubahan. Tipe *cluster* HH ini menunjukkan bahwa lokasi-lokasi yang mengalami perubahan di kelilingi juga oleh lokasi yang berubah.

Kata kunci: tutupan lahan, spatial cluster, Global Moran

Abstract Empirically, land cover in West Java Province shows a significant distribution of change patterns. Information on this distribution pattern is important to know so that the cause can be identified. This study aims to identify patterns of land use change from a spatial perspective, especially in West Java Province. Achieving the goal involves analyzing global cluster patterns and local cluster patterns to determine patterns and concentrations of land cover change locations. Global cluster pattern analysis identifies data distribution patterns in a region, while local cluster pattern analysis identifies the presence of clusters that occur in each location. The determination of the spatial distribution pattern uses the Global Moran statistical method which produces general information about the distribution pattern for the entire area. This study also analyzes the pattern of each point against the surrounding pattern which utilizes the Local Moran method for its completion. The involvement of Geographic Information Systems (GIS) complements this study which shows that 8.2% of the area in West Java has changed the land cover. Moran's Global Analysis provides information that land use change in West Java forms a cluster pattern. Local Moran analysis yielded 7.94% for the HH type at the changed land location. This type of HH cluster indicates that locations that have changed are also surrounded by locations that have changed.

Keywords: land cover, spatial cluster, Global Moran

PENDAHULUAN

Perubahan tutupan lahan merupakan salah satu informasi penting dalam perencanaan tata ruang. Informasi ini diperlukan untuk mengetahui dan memantau perkembangan tutupan lahan yang terjadi agar tidak berdampak buruk dan dapat sesuai dengan rencana tata ruang. Tidak terkendalinya perubahan tutupan lahan dapat berdampak negatif, antara lain timbulnya bencana banjir, longsor dan sebagainya. Pada akhirnya, perubahan tutupan lahan tersebut akan berdampak juga pada perubahan

lingkungan secara global. Oleh karena itu, informasi ini diperlukan untuk perencanaan tata ruang agar perubahan dapat dikendalikan.

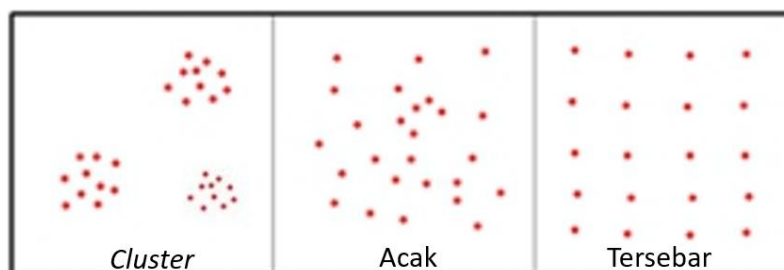
Selain itu, informasi perubahan tutupan lahan dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor pendorongnya. Perubahan tutupan lahan umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia, selain kejadian alam (Garg et al., 2019). Manusia melakukan perubahan ini untuk mendukung dan memenuhi kebutuhannya. Hal ini menunjukkan adanya preferensi tertentu dari individu ataupun kelompok untuk melakukan perubahan. Faktor-faktor yang berlandaskan keinginan manusia ini yang perlu diidentifikasi agar dapat disusun perencanaan tata ruang yang mampu mengarahkan dan mengendalikan pemanfaatan lahan sehingga tetap berkesinambungan (*sustainable development*).

Perubahan tutupan lahan dapat terjadi disebabkan adanya daya tarik tertentu di lokasi tersebut. Beberapa lokasi menjadi pertimbangan untuk diubah oleh manusia dengan melihat perkembangan suatu wilayah saat ini maupun trend masa depannya. Pembangunan jalan baru antar-wilayah merupakan salah satu faktor yang mendorong tumbuhnya permukiman di sekitar jalan tersebut karena aksesibilitas lebih mudah (Santoso et al., 2017). Atau pun suatu wilayah yang memiliki perkembangan sebagai pusat pariwisata turut mendorong tumbuhnya sektor-sektor jasa dan industri lainnya, seperti perhotelan, kerajinan rumah tangga, dan lainnya. Berbagai hal lainnya dapat saja terjadi sesuai sudut pandang manusia melihat perkembangan wilayah tersebut sebagai suatu kesempatan untuk ikut mengembangkan usaha atau ataupun hanya berinvestasi. Pada akhirnya, beberapa dampak dari aktivitas tersebut tidak hanya berpengaruh terhadap fungsi lahan namun turut mendorong perubahan tutupan lahan (Adawiyah et al., 2021; Bufebo et al., 2021; Tadese et al., 2021).

Salah satu persoalan yang perlu dianalisis ialah pola penyebarannya. Berubahnya tutupan lahan dari waktu ke waktu dapat terjadi di berbagai lokasi secara luas maupun sempit dalam suatu wilayah sehingga membentuk zona-zona perubahan tutupan lahan. Zona-zona perubahan tutupan lahan menunjukkan adanya keberagaman (heterogenitas) “daya tarik” yang mendorong terjadinya perubahan tutupan lahan di setiap lokasi (Tadese et al., 2021). Oleh karena itu, faktor pendorong perubahan tutupan lahan akan berbeda di setiap zona sesuai karakteristik setiap zona. Dengan demikian, sangat penting informasi pola penyebaran ini diidentifikasi untuk selanjutnya digunakan dalam mengidentifikasi faktor-faktor pendorongnya.

Umumnya, informasi perubahan tutupan lahan dapat diketahui dengan menggunakan dua waktu data tutupan lahan. Secara visual, lokasi-lokasi perubahan dapat terkonsentrasi di beberapa tempat atau memang tersebar di seluruh wilayah. Namun cara ini sangat bergantung pada sudut pandang pengguna/pembaca data perubahan tersebut dan dapat berbeda satu sama lain. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode yang dapat menjadi acuan untuk mengidentifikasi pola perubahan tersebut.

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menganalisis pola penyebaran ini ialah memanfaatkan analisis *spatial cluster* (Handayani et al., 2021). Analisis *spatial cluster* menunjukkan lokasi kejadian yang berdekatan satu sama lain. Dengan kata lain, analisis *spatial cluster* bertujuan untuk menganalisis keberadaan sejumlah kejadian, sehingga secara geografis kejadian tersebut dapat terlihat pola sebarannya. Berdasarkan metode analisis *spatial cluster*, keberadaan lokasi-lokasi kejadian tersebut, dengan/tanpa mengikutsertakan nilai data tertentu yang turut diperhitungkan, dapat diperoleh informasi pola sebarannya yang berupa *cluster*, acak (*random*), atau tersebar (*dispersed*).



Gambar 1. Pola sebaran spasial
(Sumber: Peneliti, 2022)

Analisis *spatial cluster* telah dimanfaatkan dalam berbagai kasus. Beberapa contoh, seperti review pasien diabetes mellitus di lokasi klinik atau fasilitas kesehatan (Jiwa et al., 2015), distribusi insiden pelecehan seksual terhadap perempuan (Biswas & Chatterjee, 2017), angka kelahiran remaja (Khan et al., 2017), pola spasial suhu (Ghalhari & Roudbari, 2018), analisis pola spasial konsumsi dan emisi karbon dari minyak bumi (Liu et al., 2019), karakteristik aktivitas wisata (Derek et al., 2019), pemantauan perkembangan perkotaan (Musakwa & Niekerk, 2014), karakteristik degradasi lahan (Hu & Nacun, 2018), dan sebagainya. Permasalahan yang melandasi contoh-contoh tersebut pada umumnya sama, yaitu memahami pola persebarannya.

Berdasarkan hal tersebut, studi ini bertujuan untuk berkontribusi dalam konteks empiris dari fenomena perubahan tutupan lahan di Jawa Barat secara spasial. Makna perubahan tutupan lahan yang dimaksud ialah kondisi tutupan lahan yang dapat berubah maupun tidak berubah dalam rentang waktu tertentu. Pendekatan dilakukan dengan memanfaatkan metode analisis *spatial cluster*. Metode ini merupakan salah satu bagian dari kemampuan Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk mengolah dan menganalisis data spasial. Dengan demikian, studi ini diharapkan dapat menjadi bagian dari pemanfaatan SIG untuk mendukung perencanaan tata ruang, khususnya untuk menganalisis pola perubahan tutupan lahan. Dalam studi ini sasaran yang ingin dicapai ialah mengembangkan skema/prosedur/mekanisme analisis spasial untuk memperoleh informasi pola sebaran perubahan tutupan lahan.

METODE PENELITIAN

Studi ini memanfaatkan data tutupan lahan tahun 2015 dan tahun 2020 dengan delapan klasifikasi (hutan, lahan kering, perkebunan, pemukiman, lahan basah, lahan penggembalaan, perairan, dan perikanan darat). Klasifikasi tutupan lahan diperoleh dari interpretasi citra satelit Landsat yang diresampling dari 30 meter menjadi 90 meter untuk penyetaraan skala peta 1: 250.000. Penyetaraan ini mempunyai tujuan untuk menyesuaikan peta perencanaan provinsi sesuai yang tertulis pada Peraturan Pemerintah. Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2013 tentang Ketelitian Peta Rencana Tata Ruang yaitu skala 1:250.000.

Data raster tutupan lahan tahun 2015 dan 2020 dengan resolusi 90m dianalisis untuk mendapatkan informasi perubahan tutupan lahan melalui proses *spatial overlay*. Informasi yang diperoleh berupa data raster dengan nilai 0 atau 1. Nilai 0 menunjukkan kondisi tidak terjadi perubahan dan sebaliknya, nilai 1 menunjukkan kondisi terjadinya perubahan tutupan lahan pada lokasi tersebut. Selanjutnya untuk proses analisis lebih lanjut, data raster ini divektorisasi menjadi data berformat titik (*raster to point process*) yang berisikan nilai 0 atau 1 agar dapat dilakukan proses dalam perangkat lunak SIG.

Berdasarkan data perubahan tutupan lahan ini (format titik), dilakukan proses untuk mengetahui pola sebaran spasial dari perubahan tutupan lahan dengan statistik Global Moran's I. Metode statistik ini menganalisis keberadaan tiap lokasi dengan/tanpa nilai data yang diamati untuk mengetahui distribusi spasialnya (Getis, 2010; Scott & Janikas, 2010; Handayani et al., 2021). Serangkaian uji autokorelasi spasial dibangun dengan memanfaatkan statistik Moran's I untuk membuktikan adanya autokorelasi spasial. Penelitian ini menggunakan Moran's I global sebagai ukuran pertama dari autokorelasi spasial. Nilainya berkisar dari -1 hingga 1. Nilai "1" mempunyai arti autokorelasi spasial positif sempurna (nilai tinggi atau nilai rendah mengelompok bersama), sedangkan "-1" menunjukkan autokorelasi spasial negatif sempurna (pola kotak-kotak), dan "0" menyiratkan keacakan spasial yang sempurna (Fu et al., 2014).

Persamaan statistiknya dapat dilihat sebagai berikut (ESRI, 2019a):

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (1)$$

di mana,

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} \quad (2)$$

dengan

- I = indeks Moran's I
- n = jumlah titik
- S₀ = agregat dari seluruh bobot spasial
- w_{i,j} = bobot spasial antara titik i dan j
- z_i = deviasi nilai i dari rata-rata keseluruhan wilayah studi ($x_i - \bar{X}$)

Berdasarkan indeks Moran's I dapat diperoleh nilai z-score melalui formula (ESRI, 2019b):

$$z_I = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad (3)$$

dimana

$$E[I] = \frac{-1}{n - 1} \quad (4)$$

$$V[I] = E[I^2] - E[I]^2 \quad (5)$$

H₀ (hipotesis nol) dari statistik Global Moran's I menyatakan bahwa data memiliki distribusi acak. Hipotesis ini dapat diterima jika z-score berada pada rentang -1,65 hingga +1,65 pada taraf signifikansi 90% atau p-value 0,10. Sebaliknya, H₀ ditolak jika z-score < -1,65 yang berarti distribusinya memiliki kecenderungan berpola menyebar (dispersed). Selanjutnya jika z-score > +1,65 berarti H₀ ditolak dan distribusinya cenderung pola *cluster* (ESRI, 2019a).

Hasil dari metode Global Moran's I hanya memberikan informasi umum terkait pola sebaran di suatu wilayah pengamatan. Penelitian ini memanfaatkan metode Local Moran's I untuk mengetahui karakteristik pola *cluster* di setiap titik atau lokasi. Metode ini berperan untuk menentukan pola setiap titik berdasarkan pola sekitarnya. Dalam metode ini, persamaan berikut digunakan: (ESRI, 2019a):

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{X}) \quad (6)$$

di mana

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n (x_j - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (7)$$

dengan

- I_i = I Moran Lokal indeks pada titik i
- x_i = nilai titik i
- \bar{X} = nilai rata-rata
- w_{i,j} = bobot spasial antara titik i dan j
- n = jumlah poin

Nilai indeks Moran Lokal I digunakan untuk menghasilkan z-score setiap titik melalui rumus ini (ESRI, 2019a):

$$z_{I_i} = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}} \quad (8)$$

di mana

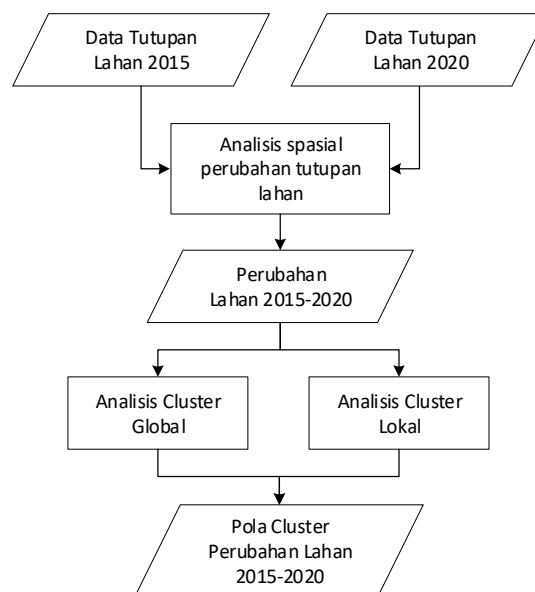
$$E[I_i] = - \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij}}{n - 1} \quad (9)$$

$$V[I] = E[I_i^2] - E[I_i]^2 \quad (10)$$

Nilai z-score yang digunakan mengacu pada p-value 0,05 atau taraf signifikansi minimum 95%. Jika nilai z berada di antara -1,96 dan +1,96, maka nilai tersebut tidak signifikan (ESRI, 2019b), karena tingkat kepercayaan minimal 95% tidak terpenuhi. Mengacu pada persamaan di atas, pola setiap titik yang dapat diperoleh dengan metode ini adalah:

- Z-score positif mengindikasikan adanya *spatial cluster* yang berarti pada titik atau lokasi memiliki kecenderungan *cluster* tinggi (Hx) atau rendah (Lx) yang sama dengan kecenderungan tetangganya yaitu tinggi (xH) ataupun rendah (xL). Dengan demikian tiap titik dari pola ini berpola HH atau LL.
- Z-score negatif mengindikasikan adanya *spatial outlier* yang berarti pada titik atau lokasi memiliki kecenderungan *cluster* tinggi (Hx) atau rendah (Lx) yang berbeda dengan kecenderungan tetangganya yaitu rendah (xL) ataupun tinggi (xH). Dengan demikian tiap titik dari pola ini berpola HL atau LH.

Pada studi ini dilakukan identifikasi tipe *cluster* dengan pengertian untuk nilai tinggi berarti kondisi terjadinya perubahan tutupan lahan dan nilai rendah untuk menunjukkan tidak terjadinya perubahan. Hal ini disesuaikan dengan pemberian nilai data di setiap titik, dimana 1 berarti terjadi perubahan tutupan lahan dan 0 berarti tidak terjadi perubahan. Secara umum, proses dari studi ini dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses studi
(Sumber: Peneliti, 2022)

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

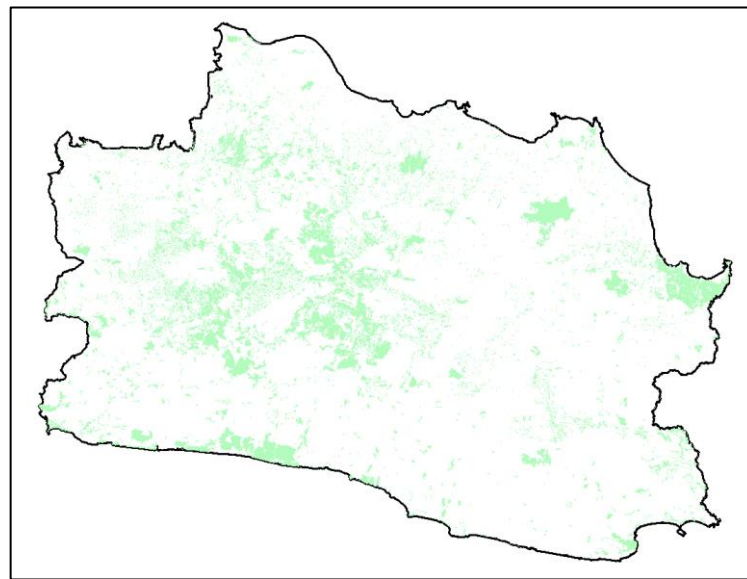
Secara geografis, Provinsi Jawa Barat merupakan provinsi yang letaknya berbatasan langsung dengan ibu kota negara. Kondisi ini menyebabkan Jawa Barat berkontribusi sebagai penyedia air baku, pangan serta lahan dan infrastruktur bagi Jakarta. Jawa Barat memiliki beberapa pusat kegiatan antara lain Pusat Kegiatan Nasional (PKN), Pusat Kegiatan Nasional-Provinsi-Pusat Kegiatan Nasional-Provinsi (PKNp), Pusat Kegiatan Daerah-Pusat Kegiatan Wilayah (PKW), dan Pusat Kegiatan Wilayah-Provinsi (PKWp). kawasan perkotaan yang melayani segala kegiatan di tingkat internasional, nasional, atau multi-provinsi dan kabupaten/kota.

Jawa Barat merupakan provinsi terpadat di Indonesia (45.340.800 jiwa) dan memiliki potensi wisata dan budaya yang melimpah. Selain itu, Jawa Barat memiliki peran penting dalam sektor ketahanan pangan karena merupakan salah satu lumbung padi nasional. Selama 30 tahun terakhir, sekitar 22% dari volume produksi beras nasional dipanen di Jawa Barat. Lebih dari 95% produksi padi dihasilkan dari pertanian lahan basah, sedangkan sisanya dihasilkan dari pertanian lahan kering. Namun laju pertumbuhan produksi padi sejak tahun 1973 terus mengalami penurunan (Virtriana et al., 2015).

Pola Global Perubahan Tutupan Lahan (LCC)

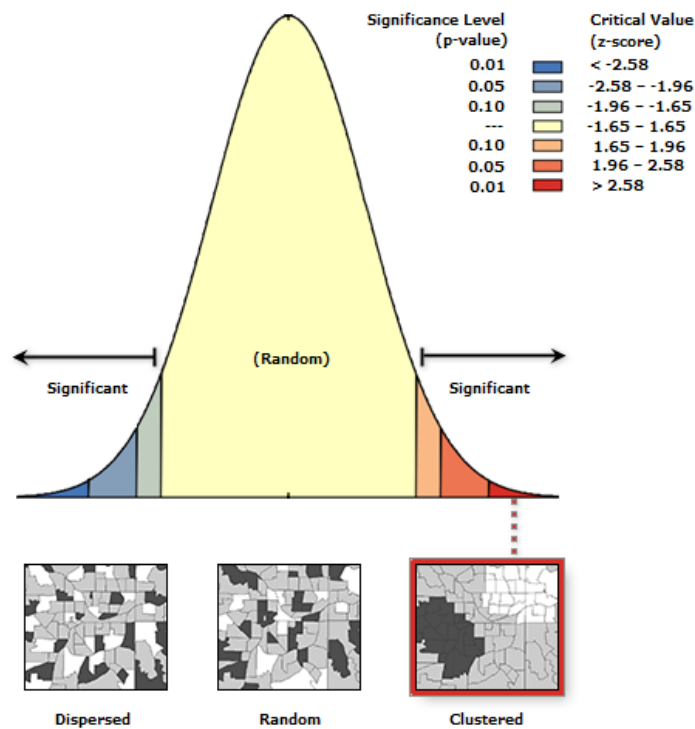
Perubahan tutupan lahan yang terjadi di Provinsi Jawa Barat terlihat cukup tersebar (Gambar 3). Hamparan spasial data tutupan lahan tahun 2015 dan 2020 dengan resolusi 90 meter menunjukkan luas perubahan sekitar 4,352.90 km² (537.395 piksel) atau 11,75% dari luas total (37,058.57 km² atau

4.575.132 piksel). Secara visual, perubahan yang terjadi cukup sporadis dan di beberapa daerah membentuk pola *cluster*, terutama di bagian tengah ke arah barat provinsi.



Gambar 3. Perubahan Tutupan Penggunaan Lahan (2015-2020)
(Sumber: Hasil analisis, 2022)

Pola sebaran perubahan tutupan lahan dapat diperoleh dengan menggunakan nilai z-score dari persamaan 3. Seluruh rangkaian untuk mendapatkan nilai tersebut dilakukan dengan menggunakan fitur *spatial autocorrelation*. Fitur ini merupakan bagian dari perangkat lunak SIG untuk menerapkan metode Global Moran's (ESRI, 2019b). Dari hasil perhitungan diperoleh nilai Moran's I Index sebesar 0,633977 dan z-score sebesar 6.635,35 (Gambar 4). Hal ini berarti H_0 ditolak karena nilai z-score hitungan memiliki tingkat signifikansi lebih dari 99% (z-score sebesar 1,65). Dengan demikian, pola sebaran spasial perubahan tutupan lahan, baik yang berubah maupun tidak berubah, di provinsi ini secara umum berbentuk pola *cluster*.

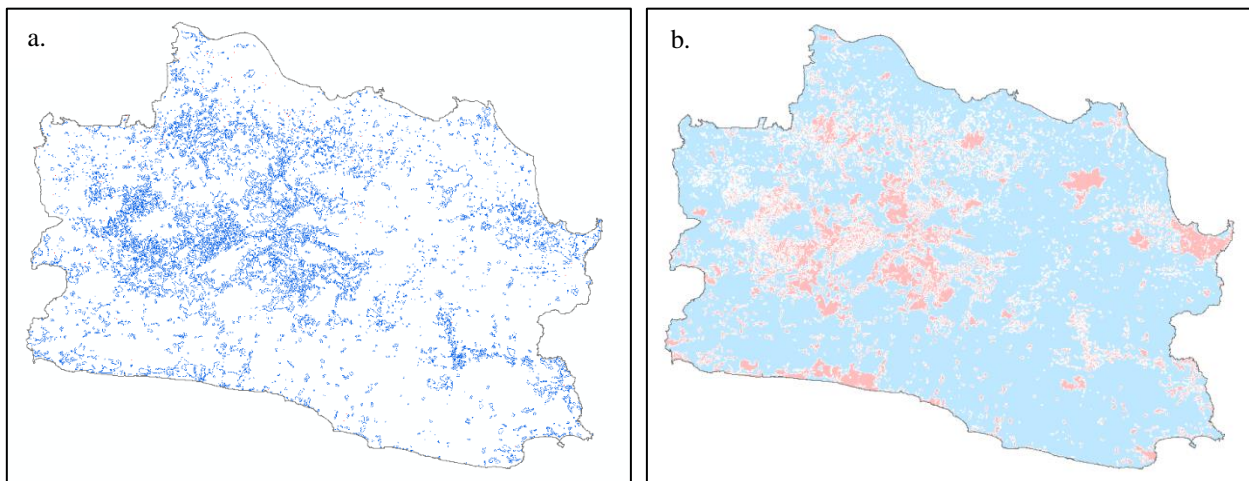


Gambar 4. Hasil Autokorelasi Spasial (Global Moran's I)
(Sumber: Hasil analisis, 2022)

Pola Lokal Perubahan Tutupan Lahan

Setelah diketahui bahwa perubahan tutupan lahan tahun 2015-2020 secara umum berpola *cluster*, maka dilakukan proses statistik Local Moran’s I untuk menentukan tipe *cluster* di setiap lokasi. Proses statistik dilakukan dengan menggunakan fitur *cluster and outlier analysis* pada perangkat lunak SIG (ESRI, 2019a). Hasil pengolahan fitur ini berupa tipe *cluster* jika berpola HH (*High High*) atau LL (*Low Low*) dan bertipe *outlier* jika berpola HL (*High Low*) atau LH (*Low High*). Adapun pola NS (*Not Significant*) merupakan lokasi yang tidak termasuk dalam pola *cluster*. Untuk selanjutnya, digunakan istilah pola *cluster* untuk menunjukkan bentuk sebaran yang berkelompok. Pola *cluster* ini memiliki tipe *cluster* dengan pola HH atau LL dan tipe *outlier* dengan pola HL atau LH.

Pola *cluster* untuk setiap lokasi, baik pada tutupan lahan yang berubah maupun tidak, dapat terlihat secara spasial pada Gambar 5. Tipe *cluster* yang berupa pola HH dan LL terlihat hampir terjadi di semua lokasi (Gambar 5a). Sebaliknya untuk pola HL dan LH (tipe *outlier*), lebih condong berada di sebelah kiri dari titik pusat provinsi (Gambar 5b). Secara visual, untuk tipe HL tidak terlihat karena jumlahnya yang cukup kecil.



Gambar 5. Tipe Moran Lokal I (analisis *cluster* dan outlier): (a) Tipe *cluster* HH dan LL; (b) Tipe outlier HL dan LH (Sumber: Hasil analisis, 2022)

Secara umum, hampir seluruh lokasi perubahan tutupan lahan di Provinsi Jawa Barat memiliki pola dengan tipe *cluster* atau *outlier* (diluar tipe NS) yaitu 90,12% atau 4.127.184 piksel. Hal ini mengindikasikan perubahan tutupan lahan di suatu lokasi dapat dilihat keterkaitan pengelompokkan dengan perubahan di lokasi sekitarnya. Jika pola *cluster* ini ditinjau dari jenis perubahannya (berubah atau tidak berubah), maka pola LL yang paling banyak ditemukan dan berada pada lokasi yang tidak berubah, yaitu sebesar 71, 12% (atau 3.253.854 piksel) dari total provinsi. Adapun pola HL merupakan tipe yang paling kecil (0% atau 1 piksel), untuk lokasi yang tidak berubah. Hasil lengkap semua lokasi berdasarkan kondisi tutupan lahan atas tipe *cluster* yang diperoleh dari hasil metode Moran Lokal I dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas tipe *cluster* berdasarkan kelas perubahan (titik atau piksel).

| Kelas Perubahan | Pola Cluster | | | | | Total Kelas |
|-------------------|--------------|-------|---------|-----------|---------|-------------|
| | HH | HL | LH | LL | NS | |
| Tidak Berubah (0) | 0 | 0 | 367.103 | 3.254.135 | 420.125 | 4.041.363 |
| Berubah (1) | 504.778 | 1.225 | 0 | 0 | 27.874 | 533.877 |
| Total Tipe | 504.778 | 1.225 | 367.103 | 3.254.135 | 447.999 | 4.575.240 |

(Sumber: Hasil analisis, 2022)

Karakteristik pola *cluster* diidentifikasi melalui metode lokal Moran’s I berdasarkan luas keseluruhan wilayah (Tabel 1), yaitu: 1) Secara umum, tipe *cluster* yang terbentuk ialah LL (70,99%). Pola ini menunjukkan bahwa pada lokasi-lokasi yang tidak mengalami perubahan, memiliki kondisi

sekitarnya yang tidak mengalami perubahan juga. Informasi ini mengindikasikan kondisi sekitar suatu lokasi yang tidak berubah akan turut mempengaruhi lokasi-lokasi lainnya untuk tidak berubah juga; 2) Di sisi lain, lokasi yang berubah secara umum berupa tipe *cluster* dengan berpola HH (11,10% atau 504.778 piksel). Informasi ini mengindikasikan bahwa perubahan lahan dapat terjadi pada area yang cukup luas karena suatu lokasi berubah dikelilingi oleh lokasi-lokasi yang turut mengalami perubahan juga; 3) Pada tipe outlier berupa pola HL, karakteristik di wilayah studi menunjukkan pola yang cukup kecil (0,03%). Kondisi ini mengindikasikan bahwa lokasi perubahan lahan yang dikelilingi oleh lahan-lahan yang tidak berubah ternyata tidak terlalu besar. Informasi ini dapat lebih dikaji kembali untuk mengetahui kemungkinan perubahan yang akan terjadi di periode mendatang. Sebagai gambaran terhadap kemungkinan perubahan kelas tutupan lahan tipe ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kemungkinan Perubahan Tutupan Lahan dari Tipe HL

| Kelas Tutupan Lahan yang diamati ber-Tipe H | | Kelas Tutupan Lahan sekitarnya ber-tipe L | Analisis Terhadap Pola <i>Cluster</i> |
|---|------------|---|--|
| Tahun 2015 | Tahun 2020 | Tahun 2020 | |
| K1 | K2 | K1 | Ada kecenderungan kelas K1 sekitarnya berubah ke K2 |
| K1 | K2 | K2 | Besar kemungkinan kelas K1 sekitarnya berubah ke K2 |
| K1 | K2 | K3 | Ada motivasi untuk melakukan aktivitas penggunaan lahan tertentu |

(Sumber: Hasil analisis, 2022)

Pada Tabel 2, jika terjadi perubahan dari 2015 ke 2020, misalnya K1 menjadi K2, dan kelas tutupan lahan sekitarnya yang tetap sama dengan kondisi awal lokasi tersebut di 2015 (K1), maka “ada kemungkinan” kelas tutupan lahan K1 disekitarnya tersebut akan cenderung berubah menjadi K2. Demikian juga, jika perubahan yang terjadi ialah K1 menjadi K2 dan kondisi sekitarnya berupa K2 maka “sangat besar kemungkinan” kelas tutupan lahan berubah menjadi K2. Sebaliknya, jika terjadi perubahan K1 ke K2 dan kondisi sekitarnya berupa K3, maka ada kemungkinan perubahan tersebut dilatarbelakangi oleh motivasi atau kebutuhan tertentu; dan 4) Pada tipe outlier berupa pola LH, karakteristik di wilayah studi menunjukkan pola yang cukup kecil (7,99%). Kondisi ini menunjukkan bahwa lokasi yang tidak berubah tidak dipengaruhi oleh kondisi sekitarnya yang mengalami perubahan. Berdasarkan pola yang terjadi, dapat diambil beberapa kemungkinan perubahan di masa mendatang, Tabel 3.

Tabel 3. Kemungkinan Perubahan Tutupan Lahan dari Tipe LH

| Kelas Tutupan Lahan yang diamati ber-Tipe L | Kelas Tutupan Lahan sekitarnya ber-tipe H | | Analisis Terhadap Pola <i>Cluster</i> |
|---|---|------------|--|
| | Tahun 2015 | Tahun 2020 | |
| K1 | K1 | K2 | Ada kemungkinan kelas K1 berubah seperti kelas sekitarnya (K2) |
| K1 | K2 | K1 | Besar kemungkinan kelas K2 sekitarnya berubah ke kelas K1 |
| K1 | K2 | K3 | Ada motivasi untuk melakukan aktivitas penggunaan lahan tertentu |

Sumber: Hasil analisis, 2022

Pada Tabel 3, jika tidak terjadi perubahan lahan pada lokasi yang bertipe LH dari 2015 ke 2020, misalnya K1, dan di sekitarnya terjadi perubahan lahan dari K1 ke K2, maka “ada kemungkinan” lahan tersebut akan berubah seperti kondisi sekitarnya. Sebaliknya, jika kondisi sekitarnya terjadi perubahan dari K2 ke K1, maka besar kemungkinan kelas tutupan lahan sekitarnya akan berubah menjadi K1. Namun untuk perubahan lahan sekitarnya yang asal dan perubahannya tidak sama dengan lokasi yang bertipe LH, maka ada kemungkinan perubahan sekitarnya didasari oleh motivasi atau kebutuhan tertentu.

SIMPULAN

Studi ini dapat menemukan pola sebaran perubahan tutupan lahan yang telah terjadi di suatu wilayah dengan pendekatan analisis *spatial cluster*. Dari data empiris di Jawa Barat, pola perubahan tutupan lahan secara umum dapat diketahui dengan metode yang digunakan yaitu berupa pola *cluster*. Hal ini menunjukkan perubahan-perubahan yang terjadi berada pada banyak lokasi namun terpusat (terkumpul). Jika ditinjau dengan analisis *cluster* lokal, fenomena dari perubahan yang terjadi disetiap lokasi berpola HH. Kondisi ini ditunjukkan dari hasil metode Local Moran's I, dimana 98,6% lokasi yang berubah berupa tipe HH. Pola tersebut menunjukkan bahwa lokasi yang mengalami perubahan di Jawa Barat ternyata dikelilingi oleh lokasi lain yang turut mengalami perubahan. Informasi ini menunjukkan bahwa perubahan-perubahan yang terjadi dilakukan dalam area yang cukup luas. Diharapkan informasi ini dapat berkontribusi dalam proses pengambilan keputusan yang terkait dengan tata ruang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, yang telah memberikan dana penelitian melalui Program Penelitian, FITB-ITB 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, H., Mutia, T., Subhani, A., Kabul, L. M., & Saputra, A. M. (2021). *Analisis Sistem Informasi Geografis Perubahan Penggunaan Lahan di Kecamatan Labuhan Haji*. Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi Volume 5 Nomor 1, Halaman: 174 -184.
- Biswas, P., & Chatterjee, N. D. (2017). *Spatial Distributional Pattern of Eve-Teasing in Urban Area; Mapping for Security, Safety and Prevention - A Case Study of Asansol Municipal Area, West Bengal, India*. Indian Cartographer, 37(October), 127–135.
- Bufebo, B., & Elias, E. (2021). Land Use/Land Cover Change and Its Driving Forces in Shenkolla Watershed, South Central Ethiopia. *ScientificWorld Journal*.
- Derek, M., Woźniak, E., & Kulczyk, S. (2019). Clustering Nature-Based Tourists by Activity. Social, Economic And Spatial Dimensions. *Tourism Management*, 75, 509-521.
- ESRI. (2019a). *How Cluster And Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) Works*. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/h-how-cluster-and-outlier-analysis-anselin-local-m.htm>
- ESRI. (2019b). *How Spatial Autocorrelation (Global Moran's I) Works*. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/h-how-spatial-autocorrelation-moran-s-i-spatial-st.htm>
- Fu, W. J., Jiang, P. K., Zhou, G. M., & Zhao, K. L. (2014). Using Moran's I and GIS to study the spatial pattern of forest litter carbon density in a subtropical region of southeastern China. *Biogeosciences*, 11(8), 2401–2409. doi:10.5194/bg-11-2401-2014.
- Garg, V., Nikam, B. R., Thakur, P. K., Aggarwal, S. P., Gupta, P. K., & Srivastav, S. K. (2019). Human-Induced Land Use Land Cover Change And Its Impact on Hydrology. *Hydro Research* Volume 1.
- Getis, A. (2010). *Spatial Autocorrelation*. Dalam M. M. Fischer & A. Getis (Ed.), *Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications* (hal. 255–278). Springer.
- Ghalhari, G. F., & Roudbari, A. D. (2018). *An Investigation on Thermal Patterns in Iran Based on Spatial Autocorrelation*. Theoretical and Applied Climatology, 131(3-4), 865-876.
- Handayani, A. P., Deliar, A., & Abdulharis, R. (2021). Pola Spasial Harga Tanah Untuk Perencanaan Strategis Dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan (Studi Kasus: Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia). *Jurnal Sositologi*, 20(1), 104-113.

- Hu, Y., & Nacun, B. (2018). An Analysis of Land-Use Change and Grassland Degradation from a Policy Perspective in Inner Mongolia, China, 1990–2015. *Sustainability*, 10(11), 4048.
- Jiwa, M., Gudes, O., Varhol, R., & Mullan, N. (2015). Impact Of Geography on The Control of Type 2 Diabetes Mellitus: A Review of Geocoded Clinical Data From General Practice. *BMJ Open*, 5(12), e009504.
- Khan, D., Rossen, L. M., Hamilton, B. E., He, Y., Wei, R., & Dienes, E. (2017). Hot Spots, Cluster Detection And Spatial Outlier Analysis of Teen Birth Rates in The U.S., 2003–2012. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 21, 67-75.
- Liu, G. X., Wu, M., Jia, F. R., Yue, Q., & Wang, H. M. (2019). Material Flow Analysis And Spatial Pattern Analysis of Petroleum Products Consumption And Petroleum-Related CO2 Emissions in China During 1995–2017. *Journal of Cleaner Production*, 209, 40–52.
- Musakwa, W., & van Niekerk, A. (2014). Monitoring Urban Sprawl and Sustainable Urban Development Using the Moran Index: A Case Study of Stellenbosch, South Africa. *International Journal of Applied Geospatial Research (IJAGR)*, 5(3), 1-20.
- Santoso, P.B.K., Widiatmaka, Subiham, S., & Rusastra, I. W. (2017). Analisis Pola Konversi Lahan Sawah Dan Struktur Hubungan Penyebab Dan Pencegahannya (Studi Kasus Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 7(2):184-194. DOI: 10.29244/jpsl.7.2.184-194
- Scott, L. M., & Janikas, M. V. (2010). *Spatial Statistics in ArcGIS*. Dalam M. M. Fischer & A. Getis (Ed.), *Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications* (hal. 27–41). Springer.
- Tadese. S., Soromessa, T., & Bekele, T. (2021). Analysis of the Current and Future Prediction of Land Use/Land Cover Change Using Remote Sensing and the CA-Markov Model in Majang Forest Biosphere Reserves of Gambella, Southwestern Ethiopia. *Scientific World Journal*.
- Virtriana, R., Sumarto, I., Deliar, A., Pasaribu, U. S., & Taufik, M. (2015). Model of Land Cover Change Prediction in West Java Using Cellular Automata-Markov Chain (CA-MC). *AIP Conference Proceedings*, 1658, 060008.