

PENERAPAN FUZZY C MEANS PADA NILAI NDVI LANDSAT 8 UNTUK KLASTERISASI KEHIJAUAN KELURAHAN DI KOTA BOGOR

Arif Wicaksono¹, Revi Hernina²

¹Program Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Pakuan

²Departemen Geografi, Universitas Indonesia

e-mail: arif.wicaksono@unpak.ac.id

Diterima: 20 September 2022, disetujui: 27 September 2022, dipublikasi: 10 Desember 2022

Abstract: *This study aims to cluster sub-districts (kelurahan) in Bogor Municipality based on greenness level. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) values were processed from Landsat 8 OLI recorded on 24 May 2020, downloaded from United States Geological Survey (USGS) website. NDVI values greater than 0,3 indicate that vegetation pixels are separated from overall raster maps. These NDVI values over 0,3 were extracted based on each sub-district polygon within Bogor Municipality. For sub-districts with $NDVI > 0,3$, the percentage of the area and NDVI mean values were generated using Geographic Information System (GIS). In order to cluster 68 sub-districts in Bogor Municipality, two variables of NDVI, namely area percentage and mean NDVI values, were processed using the Fuzzy C Means (FCM) method. Greenness level clustering using the FCM method shows 14 sub-districts in high class, 28 in medium class, and 26 in low cluster class. Overlay analysis among clusters shows two sub-districts (7.69%) in the low cluster class inside the medium class, one sub-district (3.57%) in the medium class within the low class, and one sub-district (7.14%) in the high cluster class inside the medium class. There are two main indications for an overlapping sub-district located in multiple clusters, namely the sub-district that has little different values with neighbouring cluster centres, and the sub-district that has similar different values with two cluster centres.*

Keywords: Fuzzy C Means, NDVI, Greenness level, Landsat 8

Abstrak: *Studi ini bertujuan untuk untuk mengklusterisasi kelurahan di Kota Bogor berdasarkan tingkat kehijauan. Nilai Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) diproses dari satelit Landsat 8 OLI dengan tanggal perekaman 24 Mei 2020 yang diunduh dari situs United States Geological Survey (USGS). Nilai NDVI lebih dari 0,3 yang mengindikasikan piksel vegetasi dipisahkan dari data raster keseluruhan. Nilai $NDVI > 0,3$ ini kemudian dipilah berdasarkan data vektor wilayah kelurahan yang ada di Kota Bogor. Persentase luas $NDVI > 0,3$ dan rata-rata nilai NDVI di masing-masing kelurahan dihasilkan dari analisis menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Untuk mengklusterisasi 68 kelurahan di Kota Bogor, variabel persentase luas $NDVI > 0,3$ dan rata-rata nilai NDVI di tiap kelurahan diolah dengan metode Fuzzy C Means (FCM). Hasil klusterisasi tingkat kehijauan dengan metode FCM menunjukkan bahwa 14 kelurahan berada pada kluster tinggi, 28 kelurahan termasuk ke dalam kluster sedang, dan 26 kelurahan termasuk ke dalam kluster rendah. Hasil analisis tumpang tindih antar kluster menunjukkan bahwa terdapat dua kelurahan (7,69%) anggota kluster rendah masuk ke dalam kluster sedang; satu kelurahan (3,57%) anggota kluster sedang masuk ke dalam kluster rendah; dan satu kelurahan (7,14%) anggota kluster tinggi masuk ke dalam kluster sedang. Terdapat dua indikasi utama untuk kelurahan yang tumpang tindih di beberapa kluster, yaitu suatu kelurahan mempunyai perbedaan nilai yang kecil dengan pusat kluster tetangga; dan kelurahan yang tumpang tindih mempunyai perbedaan nilai yang hampir mirip dengan dua pusat kluster.*

Kata Kunci: Fuzzy C Means, NDVI, Tingkat kehijauan, Landsat 8

1. PENDAHULUAN

Nilai *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*) dihasilkan dari pengolahan nilai piksel yang dipantulkan oleh tanaman, berupa panjang gelombang merah dan panjang gelombang *near infra-red* (*NIR*) yang berkisar antara 1 dan -1 [1]. Nilai *NDVI* mendekati 1 mengindikasikan vegetasi hijau yang sehat yang diakibatkan oleh pantulan *near-infrared* yang lebih kuat [2]. Beberapa penerapan nilai *NDVI* di antaranya adalah untuk penentuan persentase kerapatan bangunan yang digunakan bersama *Normalized Difference Building Index* (*NDBI*), *Normalized Difference Water Index* (*NDWI*), dan *Land Surface Temperature* (*LST*) [3].

Perubahan *NDVI* antara tahun 1987 dan 2017 selebar 1 km dari tepi sungai telah diteliti oleh [4] untuk melihat perubahan yang ditimbulkan oleh perubahan tutupan lahan terhadap desa-desa yang memiliki tingkat kematian yang tinggi dan jumlah pengidap penyakit kanker di Senqiu County, Republik Rakyat Tiongkok. Berkaitan dengan perencanaan kota, analisis ruang berdasarkan nilai *NDVI* pernah dilakukan oleh [5] yaitu dengan mengidentifikasi jenis ruang terbuka hijau (*RTH*) yang ada di Kota Temuco, Chile menjadi (1) *park* (rata-rata *NDVI* 0,63), (2) *square* (rata-rata *NDVI* 0,36), (3) *Small Square* (rata-rata *NDVI* 0,56), dan (4) *Green Road* (rata-rata *NDVI* 0,45).

Berdasarkan berbagai studi pendahuluan yang telah menerapkan karakteristik dari nilai *NDVI*, maka diperlukan analisis penerapan lebih lanjut mengenai *NDVI* di perkotaan. Kota Bogor sebagai salah satu kota yang berada di wilayah penyangga ibukota Jabodetabek memiliki karakteristik ruang terbuka hijau (*RTH*) di pusat kota yaitu Kebun Raya Bogor (*KRB*). Di dalam Peraturan Daerah Kota Bogor Nomor 6 tahun 2021 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bogor Tahun 2011-2031, peruntukan *KRB* adalah kawasan perlindungan plasma nutfah Kebun Raya dengan luas sekitar 85 hektar.

Salah satu metode untuk mengklasifikasikan *NDVI* yaitu metode klusterisasi data *fuzzy c means* (*FCM*) yang dikemukakan oleh [6]. Keunggulan dari metode ini adalah adanya keanggotaan kluster fuzzy yang tumpang tindih sehingga bisa dianalisis karakteristik data yang *overlapping* tersebut. Metode *FCM* telah diaplikasikan sebelumnya pada klasifikasi taman kota berdasarkan nilai suhu permukaan tanah (*land surface temperature*) dan fungsi sosial [7]. Selain itu, [8] telah menggunakan metode *FCM* untuk mendelineasi wilayah terbangun di Kota Tan-Tan, Maroko Selatan dengan menggunakan enam indeks yang diolah dari citra satelit Sentinel-2.

Melihat potensi penggunaan nilai *NDVI* untuk analisis perkotaan yang pernah dilakukan sebelumnya, maka studi ini perlu dilakukan untuk melihat klusterisasi kelurahan di Kota Bogor berdasarkan tingkat kehijauan. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk (1) mengelompokkan kelurahan di Kota Bogor berdasarkan nilai *NDVI* dan (2) menganalisis kelurahan-kelurahan di Kota Bogor yang tumpang tindih antar kluster. Informasi yang didapatkan dalam studi ini dapat dimanfaatkan oleh pengambil kebijakan di Kota Bogor dalam merencanakan strategi untuk mempertahankan tingkat kehijauan di Kota Bogor, seperti rencana alokasi anggaran pembangunan *RTH* yang diperlukan bagi kelurahan-kelurahan yang tingkat kehijauannya rendah dan pemeliharaan *RTH* bagi kelurahan-kelurahan yang tingkat kehijauannya tinggi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Data

Data yang digunakan dalam artikel ini adalah citra satelit *Landsat 8 band 4* (merah) dan *band 5 (NIR)* dengan tanggal perekaman 24 Mei 2020 untuk wilayah studi, yaitu 68 kelurahan di Kota Bogor. Data tersebut diunduh dari website *United States Geological Survey (USGS)*. Poligon wilayah administrasi Kota Bogor diunduh dari website portal Badan Informasi Geospasial (BIG).

2.2 Pengolahan Citra Satelit Landsat 8 untuk nilai NDVI

Nilai *NDVI* dapat diperoleh menggunakan gelombang *near-infrared (NIR)* band 5 dan band 4 dari *Landsat 8 OLI*. Dalam studi ini, citra *NDVI* dihasilkan melalui menu *image analyst* pada *software ArcMap 10,3*. Rumus untuk menghitung *NDVI* dapat dilihat berikut ini:

$$NDVI = (\text{band 5} - \text{band 4}) / (\text{band 5} + \text{band 4}) \quad (1)$$

Pada studi ini, 68 kelurahan di Kota Bogor dijadikan sebagai lokasi penelitian untuk menganalisis tingkat kehijauannya berdasarkan dua variabel, yaitu (1) persentase luas area kelurahan dengan nilai *NDVI* > 0,3; dan (2) rata-rata nilai *NDVI* di tiap kelurahan.

2.3. Fuzzy C-Means

Fuzzy C Means (FCM) adalah teknik untuk mengklasifikasikan data menjadi grup yang lebih kecil berdasarkan pada pusat kluster [9]. *FCM* berdasarkan minimalisasi fungsi obyektif berikut ini [6]:

$$J_m = \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^N \mu_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2 \quad (2)$$

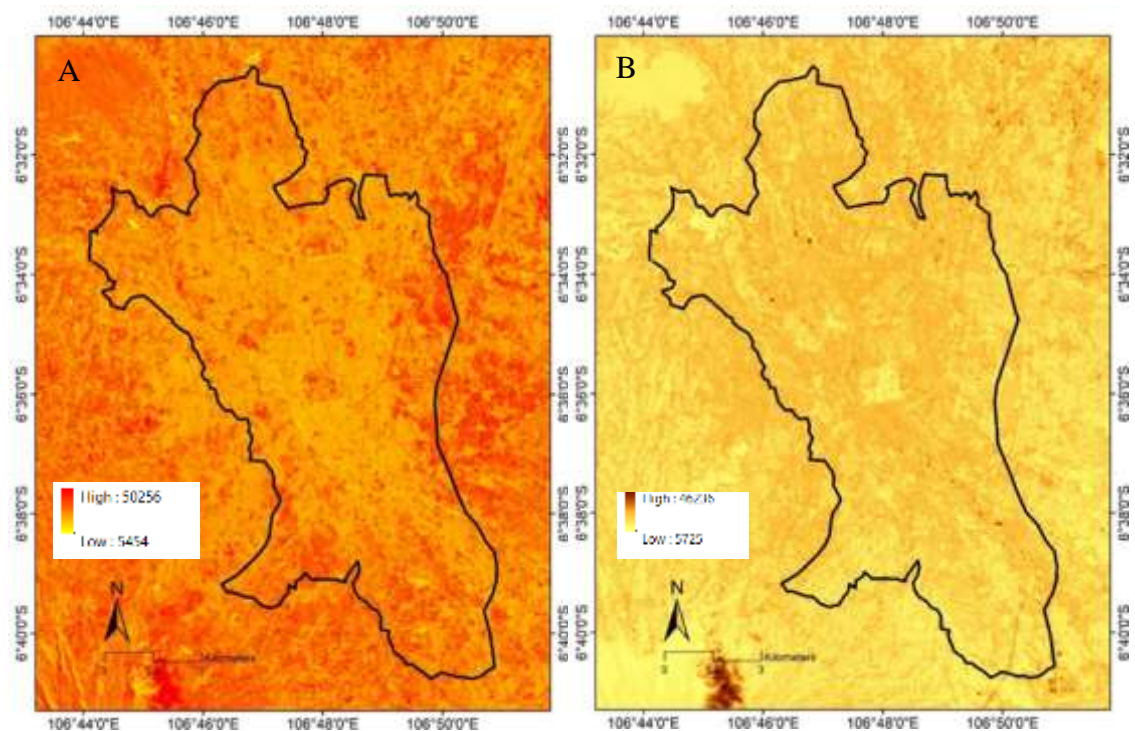
dengan D = jumlah data-data, N = jumlah kluster, m = pangkat matriks partisi fuzzy untuk mengkontrol derajat tumpang tindih fuzzy, di mana $m > 1$. Tumpang tindih fuzzy melambangkan bagaimana batasan antara titik pusat kluster fuzzy, yang mengacu pada jumlah data yang mempunyai keanggotaan yang signifikan di lebih dari satu kluster. x_i = data ke- i , c_j = pusat data kluster ke- j , dan μ_{ij} = derajat keanggotaan data ke- i dan pusat data kluster ke- j . Untuk setiap data ke- i , maka keanggotaan semua nilai untuk semua kluster berjumlah 1.

Citra raster *NDVI* distandarisasi menggunakan piranti lunak R versi 4.1.3. R adalah piranti lunak *open source* untuk statistika dan grafis, dan dapat diunduh melalui tautan <https://cran.r-project.org/mirrors.html>. Setelah melalui proses standarisasi, maka algoritma *FCM* diaplikasikan ke citra raster *NDVI* dalam bentuk tabular dengan menggunakan piranti lunak R versi 4.1.3. Algoritma *FCM* yang digunakan dalam studi ini adalah seperti yang dideskripsikan oleh [10] dan langkah-langkah perhitungan algoritma *FCM* tahap demi tahap dioperasikan menggunakan piranti lunak R versi 4.1.3. Apabila keanggotaan telah dihasilkan dari R, maka menjadi input ke dalam menu fuzzy membership di dalam piranti lunak ArcMap 10,3 untuk menghasilkan tiga peta raster dengan nilai linguistik fuzzy yaitu tingkat kehijauan tinggi, tingkat kehijauan sedang, dan tingkat kehijauan rendah. Pemilihan tiga kluster ini didasarkan pada studi-studi sebelumnya yang menggunakan data penginderaan jauh seperti yang dilakukan oleh [11], di mana tiga kluster wilayah dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Karkeh di Iran

dihasilkan dari klasterisasi data citra satelit Terra MODIS. Selain itu, [12] mengklasifikasikan tiga kelas yaitu vegetasi, non-vegetasi, dan air dari penggabungan dua indeks (*NDVI* dan *NDWI*) dari citra satelit *Landsat 8*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Poligon administrasi wilayah Kota Bogor digunakan untuk mengekstraksi nilai *NDVI* per kelurahan dengan menggunakan menu *extract value to table* pada piranti lunak ArcMap 10,3. Poligon administrasi ini ditumpang-susunkan di atas citra raster *NDVI*. Untuk citra raster *band 4* (merah) pada wilayah Kota Bogor dapat dilihat pada Gambar 1(a), sedangkan citra raster *band 5* (*NIR*) dapat dilihat pada Gambar 1(b).



Gambar 1. (a) *Band 4* (Merah) *Landsat 8*, (b) *Band 5* (*NIR*) *Landsat 8* tanggal perekaman 24 Mei 2020 (Sumber: website *USGS*)

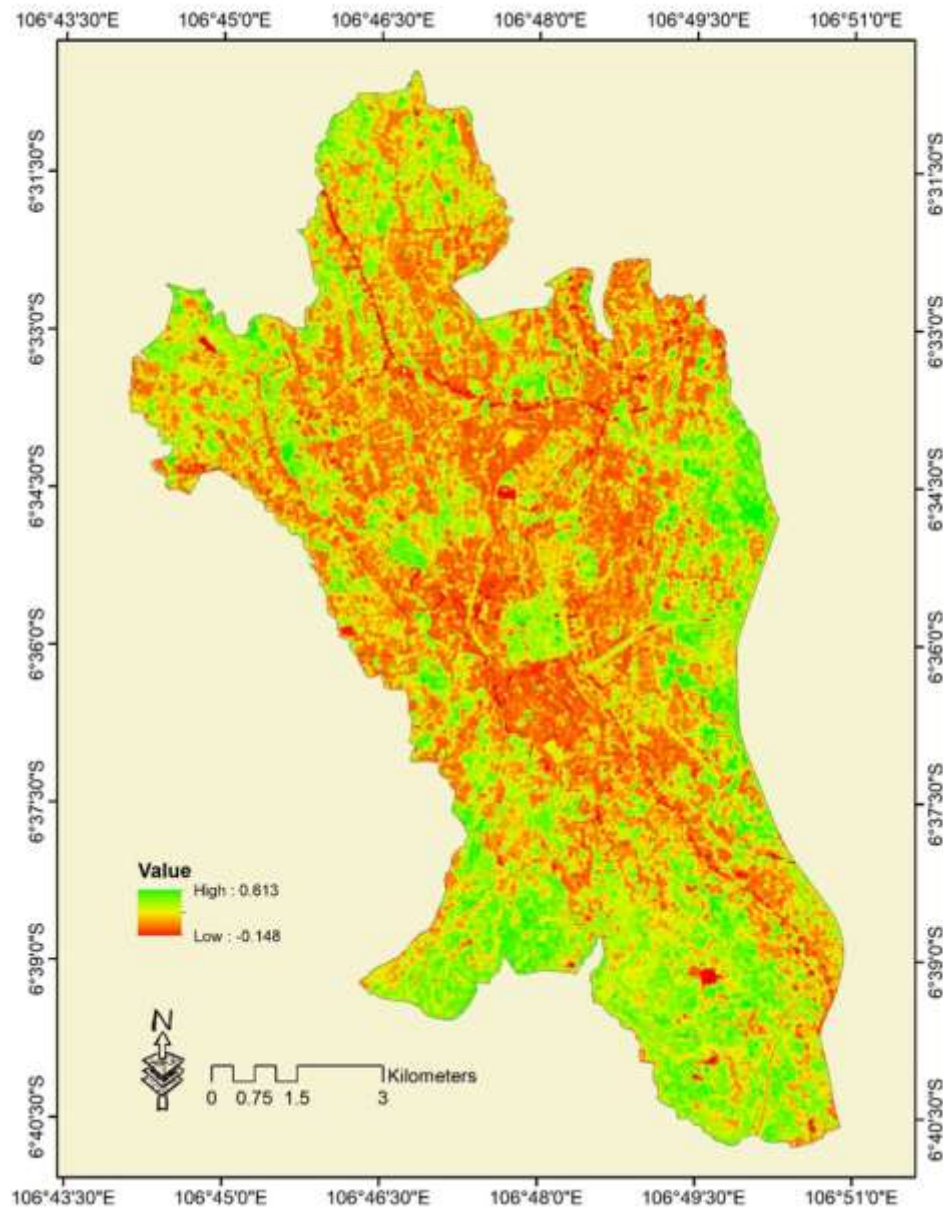
3.1 Nilai *NDVI*

Nilai *NDVI* yang diperoleh dari hasil pengolahan citra menggunakan menu *image analyst* di piranti lunak ArcMap10,3 dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan penelitian sebelumnya [13] bahwa nilai *NDVI* > 0,3 melambangkan vegetasi, maka diambil piksel dengan nilai *NDVI* di atas 0,3. Selanjutnya dengan menggunakan menu *extract value to table*, maka nilai *NDVI* masing-masing piksel diambil per kelurahan dan dipindahkan ke dalam bentuk tabular dengan piranti lunak Microsoft Excel.

Selanjutnya nilai *NDVI* dirata-rata untuk tiap kelurahan, dan dihitung jumlah luasnya dengan memanfaatkan informasi resolusi spasial citra *Landsat 8* yaitu 30 m x 30 m, sehingga jumlah piksel bisa dijumlahkan dengan menggunakan Microsoft Excel untuk mendapatkan luas lahan. Sedangkan untuk persentase luasan *NDVI* > 0,3 di tiap kelurahan menggunakan rumus sebagai berikut :

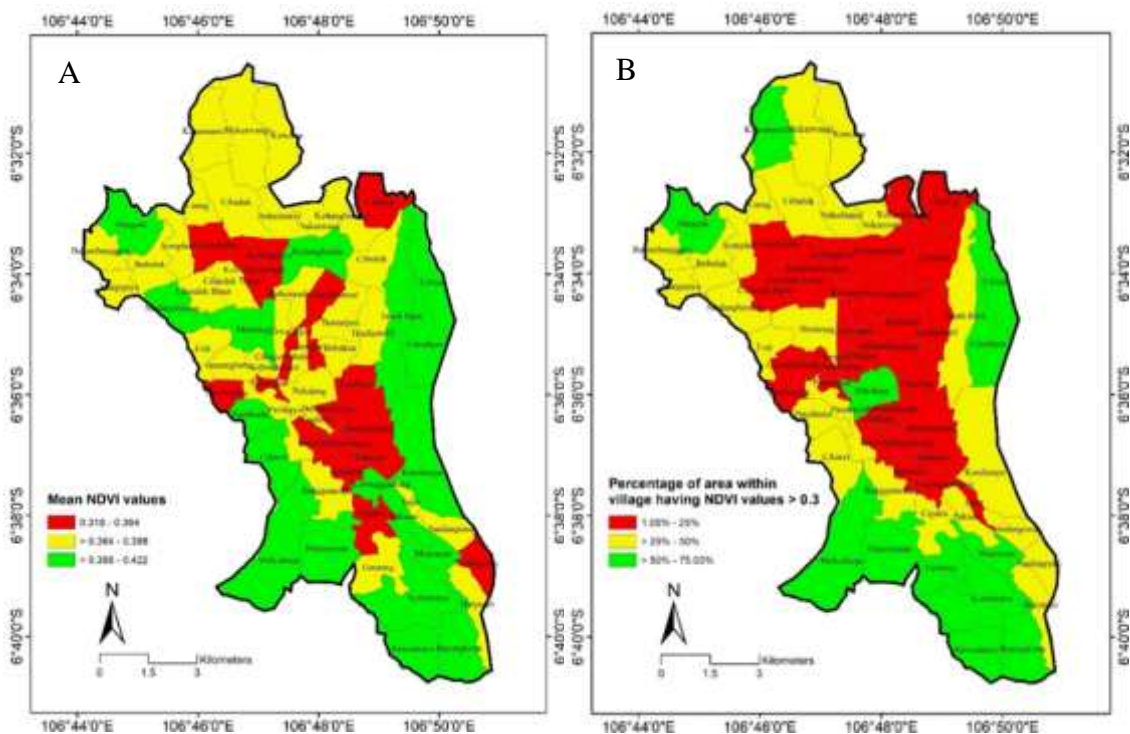
$$\text{Persentase NDVI per kelurahan} = \frac{(\text{Jumlah piksel NDVI} > 0,3) \times 900 \text{ m}^2}{\text{luas kelurahan}} \times 100\% \quad (3)$$

Berdasarkan ekstraksi nilai NDVI dari Gambar 2 dan persentase luas NDVI > 0,3 di masing-masing kelurahan menggunakan piranti lunak ArcMap 10,3, maka data tabular kelurahan dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Peta raster *NDVI* Kota Bogor tahun 2020
(Sumber: pengolahan data citra *band 4* dan *band 5* Landsat 8 OLI tanggal perekaman 24 Mei 2020 menggunakan piranti lunak ArcMap 10,3).

Berdasarkan komputasi menggunakan Persamaan (3), persentase daerah pada kelurahan yang memiliki nilai $NDVI > 0,3$ ditampilkan di Gambar 3. Sedangkan kelurahan-kelurahan yang mempunyai rata-rata $NDVI > 0,3$ dapat dilihat pada Gambar 4. Kelurahan Paledang yang berada di pusat Kota Bogor pada Gambar 3(b) memiliki 50% luas wilayah yang nilai $NDVI$ -nya $> 0,3$, diduga hal ini disebabkan adanya Kebun Raya Bogor. Dapat dilihat juga pada Gambar 3(b) bahwa sebagian besar wilayah selatan Kota Bogor didominasi oleh kelurahan yang memiliki 50% luas wilayah terdiri dari $NDVI > 0,3$ yang ditandai warna hijau. Adanya KRB pada daerah yang memiliki rata-rata $NDVI > 0,3$ selaras dengan penelitian sebelumnya [14] bahwa $NDVI > 0,3$ dapat diklasifikasikan sebagai vegetasi yang rapat.



Gambar 3. (a) Peta kelurahan di Kota Bogor berdasarkan rata-rata nilai $NDVI$;
(b) Peta kelurahan di Kota Bogor berdasarkan persentase nilai $NDVI > 0,3$

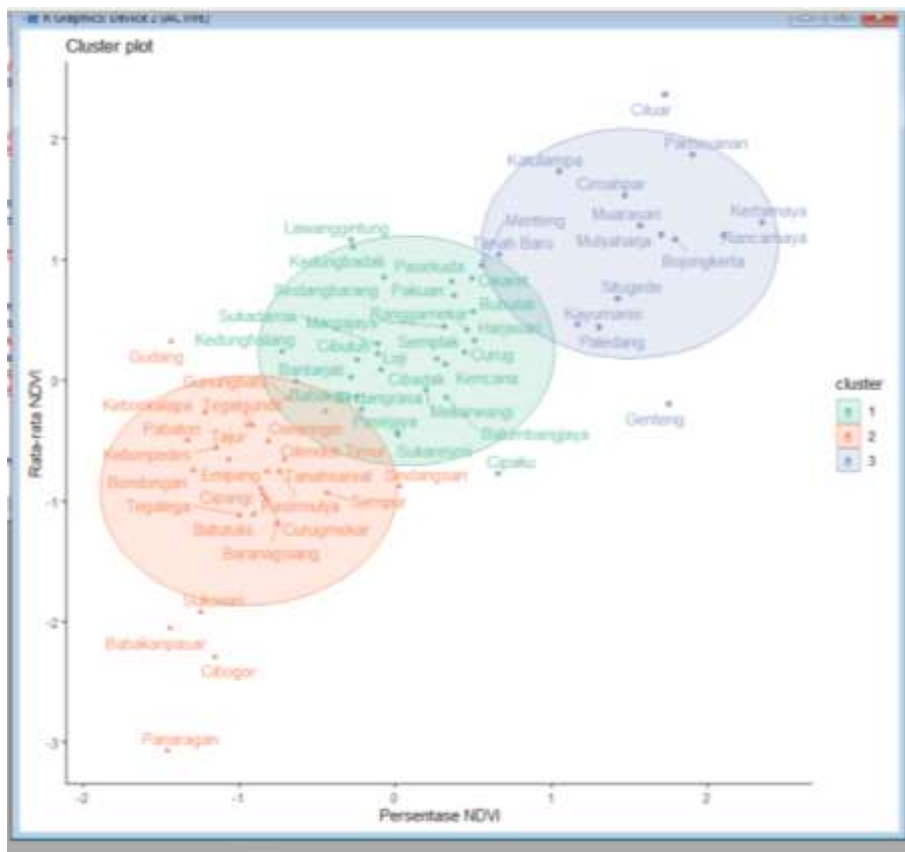
3.2 FCM

Hasil klusterisasi nilai rata-rata $NDVI > 0,3$ berdasarkan wilayah administratif kelurahan dengan menggunakan piranti lunak R versi 4.1.3 menu *FCM* dapat dilihat hasilnya pada Gambar 4. Pada Gambar 4, sumbu y melambangkan nilai rata-rata $NDVI > 0,3$ terstandarisasi sedangkan sumbu x melambangkan persentase luas wilayah yang memiliki nilai $NDVI > 0,3$ di masing-masing kelurahan. Penyajian dua data pada sumbu x dan y untuk menyajikan klaster hasil *FCM* sudah pernah dilakukan oleh [12] ketika mengklasifikasikan citra satelit *Landsat 8* di daerah Klang, Malaysia.

Korelasi Pearson antara rata-rata $NDVI > 0,3$ dan persentase luas wilayah yang memiliki nilai $NDVI > 0,3$ menunjukkan angka 0,759. Sedangkan untuk penerapan metode *FCM* bisa dilakukan klusterisasi untuk data x dan y yang saling berkorelasi, sebagaimana dilakukan oleh [15].

Terlihat pada Gambar 4, bahwa Kelurahan Panaragan berada pada posisi paling bawah yang mengindikasikan bahwa Kelurahan Panaragan memiliki persentase luas $NDVI > 0,3$ dan nilai rata-rata $NDVI$ yang paling kecil. Kelurahan Ciluar pada Gambar 4 mengindikasikan bahwa kelurahan tersebut memiliki persentase luas wilayah yang memiliki nilai $NDVI > 0,3$ yang paling tinggi, sedangkan untuk Kelurahan Kertamaya mengindikasikan memiliki rata-rata nilai $NDVI > 0,3$ yang paling tinggi. Untuk klasifikasi kelurahan berdasarkan nilai rata-rata dan persentase luas wilayah administratif yang $NDVI > 0,3$ dengan metode FCM terlihat pada Gambar 4 terdiri dari 3 klaster, yaitu :

1. Klaster 2 (rendah) ditandai warna merah,
2. Klaster 1 (sedang) ditandai warna hijau,
3. Klaster 3 (tinggi) ditandai warna biru.



Gambar 4. Klasifikasi kelurahan di Kota Bogor berdasarkan nilai $NDVI$ menggunakan metode FCM (Sumber: pengolahan data dengan piranti lunak R versi 4.1.3)

Secara tabular data-data $NDVI$ dan persentase luas $NDVI > 0,3$ di masing-masing kelurahan di Kota Bogor dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil klaster kehijauan di tiap kelurahan melalui metode FCM disajikan dengan nilai *hard clustering* yang terdekat dengan pusat klaster.

Tabel 1. Daftar kelurahan di Kota Bogor dengan data-data NDVI dan kluster kehijauan (Sumber: pengolahan data citra NDVI Landsat 8 tanggal perekaman 24 Mei 2020 menggunakan piranti lunak ArcMap 10,3 dan R 4.1.3)

Kelurahan	Persentase daerah dengan nilai NDVI > 0,3	Rata-rata NDVI	Kluster kehijauan dari metode FCM (Hard clustering terdekat dengan pusat kluster)
Babakan	24.62%	0,3747	Sedang
Babakanpasar	1.44%	0,3377	Rendah
Balumbangjaya	35.72%	0,3746	Sedang
Bantarjati	17.00%	0,3771	Sedang
Baranagsiang	14.69%	0,3543	Rendah
Batutulis	11.81%	0,3559	Rendah
Bojongkerta	64.28%	0,3996	Tinggi
Bondongan	4.35%	0,3629	Rendah
Bubulak	39.02%	0,3883	Sedang
Cibadak	27.66%	0,379	Sedang
Cibogor	7.05%	0,3332	Rendah
Cibuluh	24.68%	0,3805	Sedang
Cikaret	38.96%	0,3936	Sedang
Cilendek Barat	23.91%	0,3778	Rendah
Cilendek Timur	13.65%	0,3676	Rendah
Ciluar	62.97%	0,4227	Tinggi
Cimahpar	57.99%	0,4067	Tinggi
Cipaku	42.14%	0,3624	Sedang
Ciparigi	12.67%	0,36	Rendah
Ciwaringin	20.73%	0,3723	Rendah
Curug	37.97%	0,3818	Sedang
Curugmekar	13.38%	0,3584	Rendah
Empang	8.74%	0,3646	Rendah
Genteng	63.43%	0,3734	Tinggi
Gudang	1.52%	0,3834	Rendah
Gunungbatu	15.93%	0,3744	Rendah
Harjasari	39.22%	0,3837	Sedang
Katulampa	49.78%	0,4105	Tinggi
Kayumanis	52.09%	0,3861	Tinggi
Kebonkalapa	5.75%	0,3721	Rendah
Kebonpedes	7.17%	0,3666	Rendah
Kedungbadak	24.09%	0,3985	Sedang
Kedunghalang	15.26%	0,3819	Sedang
Kedungjaya	13.49%	0,3628	Sedang
Kedungwaringin	12.94%	0,3592	Sedang
Kencana	35.62%	0,3799	Sedang
Kertamaya	75.03%	0,4024	Tinggi
Lawanggantung	23.89%	0,3997	Sedang

Tabel 1 (Lanjutan)

Loji	27.17%	0,3816	Sedang
Margajaya	35.49%	0,3858	Sedang
Mekarwangi	33.26%	0,3758	Sedang
Menteng	40.17%	0,3955	Sedang
Muarasari	59.90%	0.4018	Tinggi
Mulyaharja	62.49%	0.4004	Tinggi
Pabaton	3.63%	0,3677	Rendah
Pakuan	36.63%	0,3908	Sedang
Paledang	54.72%	0,3857	Tinggi
Pamoyanan	66.33%	0.4131	Tinggi
Panaragan	1.06%	0,3182	Rendah
Pasirjaya	29.62%	0,3691	Sedang
Pasirkuda	36.43%	0,3931	Sedang
Pasirmulya	15.02%	0,3628	Rendah
Rancamaya	70.24%	0.4003	Tinggi
Ranggamekar	38.30%	0,3853	Sedang
Semplak	34.54%	0,3807	Rendah
Sempur	20.89%	0,3594	Rendah
Sindangbarang	28.04%	0,3938	Sedang
Sindangrasa	25.14%	0,3726	Sedang
Sindangsari	29.98%	0,3603	Rendah
Situgede	57.09%	0,3902	Tinggi
Sukadamai	27.16%	0,3831	Sedang
Sukaesmi	29.77%	0,3686	Sedang
Sukasari	5.21%	0,3403	Rendah
Tajur	11.00%	0,3701	Rendah
Tanah Baru	42.33%	0,3972	Tinggi
Tanahsareal	15.64%	0,3646	Rendah
Tegalega	10.00%	0,3558	Rendah
Tegal Gundil	11.68%	0,3701	Rendah

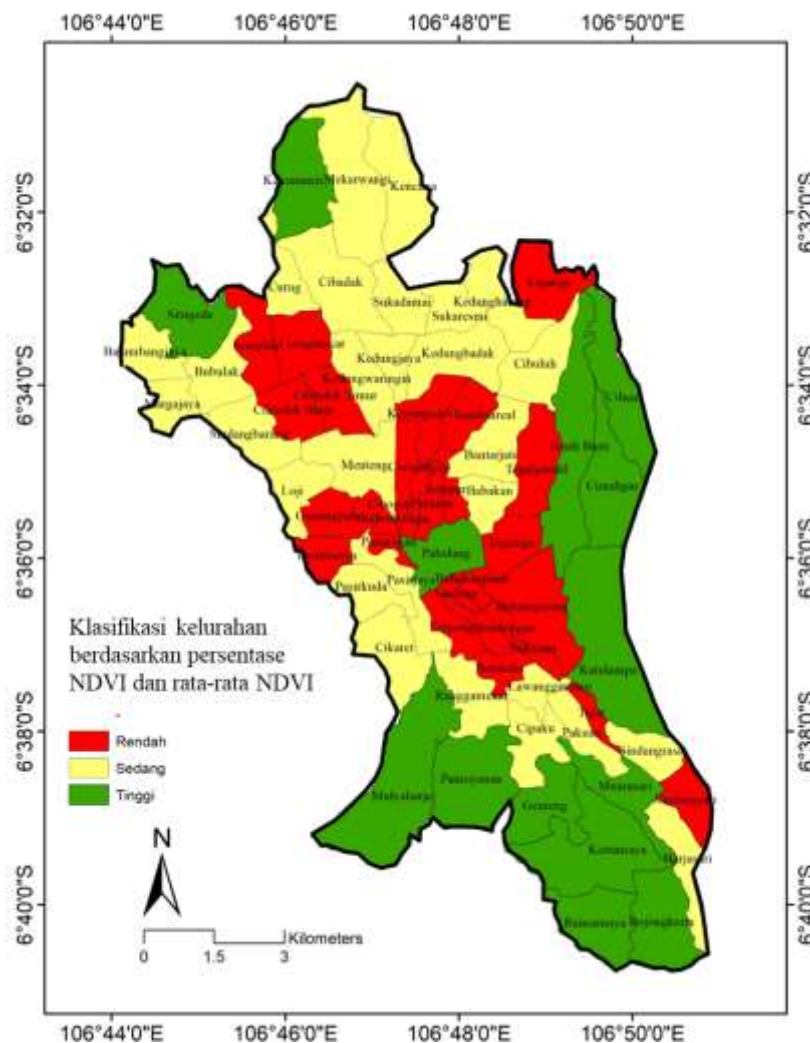
Ciri khas dari hasil klusterisasi data menggunakan metode *FCM* adalah terdapat data-data kelurahan yang saling tumpang tindih klasifikasinya. Tumpang tindih sebuah data dalam beberapa kluster hasil *FCM* bukan merupakan kesalahan. [15] mengemukakan bahwa metode *FCM* membiarkan data untuk menjadi anggota dari berbagai kluster dengan derajat keanggotaan yang beragam; tidak seperti metode *hard clustering* seperti *K-means* yang memaksa data untuk secara eksklusif menjadi anggota sebuah kelas.

Dapat diamati pada Gambar 4 bahwa terdapat tiga jenis tumpang tindih, yaitu:

1. Kelurahan anggota kluster rendah masuk ke dalam kluster sedang, yaitu: Kelurahan Gunung Batu dan Ciwaringin;
2. Kelurahan anggota kluster sedang masuk ke dalam kluster rendah, yaitu: Kelurahan Bantarjati;
3. Kelurahan anggota kluster tinggi masuk ke dalam kluster sedang, yaitu: Kelurahan Menteng.

Klasifikasi nilai $NDVI > 0,3$ berdasarkan persentase luas wilayah administratif dan nilai rata-rata dapat dipetakan dengan menggunakan piranti lunak ArcMap 10,3, seperti terlihat pada Gambar 5. Sangat menarik bahwa Kelurahan Paledang di Kecamatan Bogor Tengah yang terletak di pusat Kota Bogor tergolong dalam kelas tinggi yang ditandai warna hijau.

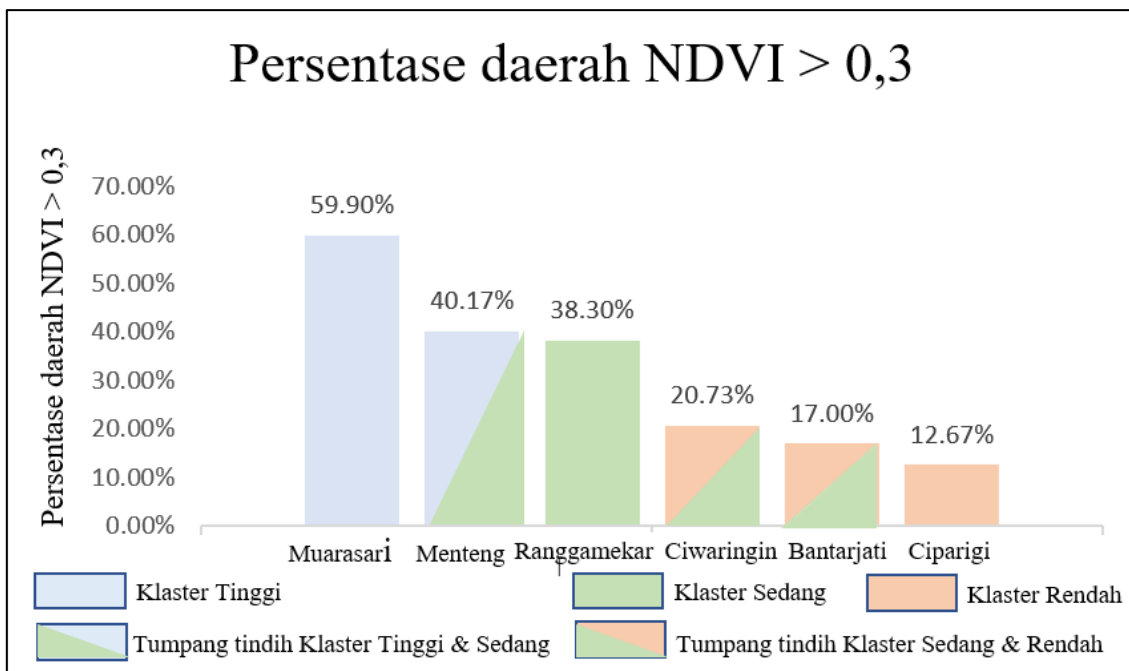
Terkait dengan tingginya Kelurahan Paledang baik dari rata-rata nilai $NDVI > 0,3$ maupun persentase luasnya, sedangkan di sekelilingnya terdapat kelurahan-kelurahan yang terklasifikasi sedang dan rendah, maka perlu langkah-langkah untuk konservasi Kelurahan Paledang terutama dengan keberadaan Kebun Raya Bogor. Sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Bogor Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bogor Tahun 2011-2031, maka Kelurahan Paledang termasuk dalam Kawasan Strategis Kota (KSK), yaitu sebagai KSK sudut kepentingan sosial budaya, sudut kepentingan fungsi, dan daya dukung lingkungan hidup, sebagaimana tercantum dalam Pasal 65, 67, dan 68.



Gambar 5. Klasifikasi kelurahan di Kota Bogor berdasarkan nilai persentase luas wilayah administratif dengan nilai $NDVI > 0,3$ dan rata-rata nilai $NDVI$ dengan menggunakan metode *FCM* (Sumber: pengolahan data dengan piranti lunak ArcMap 10,3)

Hasil dari klusterisasi menggunakan *FCM* menunjukkan masih adanya beberapa kelurahan yang masuk di beberapa kluster. Hal ini juga ditemui pada studi sebelumnya [7]; dalam studi ini masih terjadi tumpang tindih antar kluster untuk klusterisasi data suhu permukaan tanah menggunakan metode *FCM*.

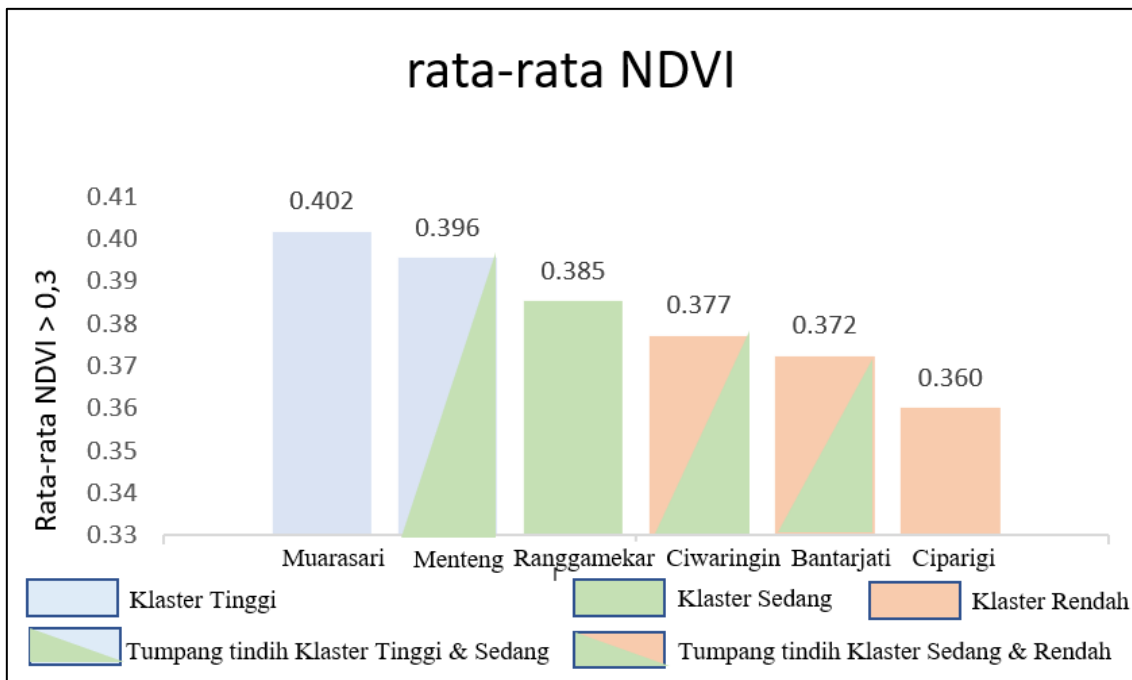
Analisis lebih jauh terhadap nilai persentase luas daerah $NDVI > 0,3$ dan rata-rata nilai $NDVI$ pada kelurahan-kelurahan yang masuk dalam klasifikasi tumpang tindih dapat dilakukan dengan membandingkan nilai di kelurahan yang mendekati pusat kluster dengan kelurahan yang tumpang tindih. Pada Gambar 6, terlihat bahwa Kelurahan Menteng yang tumpang tindih antara kluster tinggi dan sedang memiliki selisih 19,73% dengan Kelurahan Muarasari yang mendekati pusat kluster tinggi. Di sisi lain, Kelurahan Menteng memiliki selisih 1,77% dengan Kelurahan Ranggamekar yang mendekati pusat kluster sedang. Selisih yang relatif lebih kecil dengan Kelurahan Ranggamekar ini yang diduga menyebabkan Kelurahan Menteng tumpang tindih antara anggota kluster tinggi dan sedang.



Gambar 6. Analisis kelurahan yang tumpang tindih antar kluster berdasarkan persentase daerah dengan nilai $NDVI > 0,3$

Demikian pula dengan kelurahan-kelurahan yang tumpang tindih antara kluster sedang dan rendah. Selisih yang lebih kecil dengan Kelurahan Ciparigi yang mendekati pusat kluster rendah diduga mengakibatkan Kelurahan Ciwaringin dan Bantarjati menjadi tumpang tindih dengan kluster rendah.

Hasil analisis kelurahan yang tumpang tindih antar kluster berdasarkan rata-rata nilai $NDVI$ dapat dilihat pada Gambar 7. Selisih antara Kelurahan Menteng dan Kelurahan Muarasari menunjukkan selisih yang relatif sangat kecil yaitu sekitar 0,006; ini mengindikasikan penyebab Kelurahan Menteng tumpang tindih dengan kluster tinggi. Sedangkan Kelurahan Ciwaringin dan Kelurahan Bantarjati menunjukkan selisih yang hampir sama besar baik ke Kelurahan Ranggamekar maupun Kelurahan Ciparigi; diduga hal ini yang menyebabkan kedua kelurahan tersebut tumpang tindih antara kluster rendah dan sedang.



Gambar 7. Analisis kelurahan yang tumpang tindih antar kluster berdasarkan rata-rata nilai *NDVI*

Dari hasil analisis tumpang tindih kluster baik yang menggunakan persentase daerah dengan nilai *NDVI* > 0,3 maupun rata-rata nilai *NDVI* maka terdapat dua kemungkinan penyebab terjadinya tumpang tindih antar kluster, yaitu:

1. Selisih nilai relatif lebih kecil antara satu kelurahan dengan kelurahan yang mendekati pusat kluster tetangga;
2. Selisih antara satu kelurahan hampir sama besar dengan dua pusat kluster.

4. KESIMPULAN

Hasil pengelompokan kelurahan di Kota Bogor berdasarkan nilai *NDVI* > 0,3 dengan dua variabel yaitu persentase luas *NDVI* dan rata-rata *NDVI* menggunakan metode *FCM* menghasilkan 14 kelurahan kluster tinggi, 28 kelurahan kluster sedang, dan 26 kelurahan kluster rendah. Berdasarkan klusterisasi nilai rata-rata dan luas *NDVI* menggunakan metode *FCM*, terdapat 7,69% anggota kluster rendah masuk ke dalam kluster sedang; 3,57% anggota kluster sedang masuk ke dalam kluster rendah; dan 7,14% anggota kluster tinggi masuk ke dalam kluster sedang. Hasil analisis kelurahan yang tumpang tindih antar kluster berdasarkan persentase daerah dengan nilai *NDVI* > 0,3 dan rata-rata *NDVI* mengindikasikan bahwa tumpang tindih dapat terjadi karena adanya selisih relatif lebih kecil antara satu kelurahan dengan kelurahan yang mendekati pusat kluster tetangga; atau selisih antara satu kelurahan yang hampir sama besar dengan dua pusat kluster.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial sebagai pengelola website <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>, yang di dalamnya memuat data yang digunakan dalam artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Weier, J., Herring, D. (2000). Measuring Vegetation (NDVI & EVI). <https://www.earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation> [Diakses 12 November 2022]
- [2] Idrees, M. O., Omar, D. M., Babalola, A., Ahmadu, H. A., Yusuf, A., Lawal, F. O. (2022). Urban land use land cover mapping in tropical savannah using Landsat-8 derived normalized difference vegetation index (NDVI) threshold. *South African Journal of Geomatics*. **11** (1): 100-112. DOI: 10.4314/sajg.v11i1.8
- [3] Ardiansyah, A., Hernina, R., Suseno, W., Zulkarnain, F., Yanidar, R., Rokhmatuloh, R. (2018). Percent of building density (PBD) of urban environment: a multi-index approach based study in DKI Jakarta Province. *Indonesian Journal of Geography*. **50** (2): 154-161. <http://dx.doi.org/10.22146/ijg.36113>
- [4] Hong, X. (2021). Changes in environmental profiles of cancer villages: A case study of Aizheng Cun in China. *The Professional Geographer*. **73** (2): 200-212. DOI: 10.1080/00330124.2020.1844570
- [5] Moreno, R., Ojeda, N., Azócar, J., Venegas, C., Inostroza, L. (2020). Application of NDVI for identify potentiality of the urban forest for the design of a green corridors system in intermediary cities of Latin America: Case study, Temuco, Chile. *Urban Forestry & Urban Greening*. **55**, 126821: 1-8. DOI: 10.1016/j.ufug.2020.126821
- [6] Bezdek, J. C. (1981). *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. Springer/Plenum Press: New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0450-1>
- [7] Wicaksono, A. (2022). Public urban park quality assessment using fuzzy C means classification of land surface temperature and social function. In: Yulihastin, E., Abadi, P., Sitompul, P., Harjupa, W. (eds) *Proceedings of the International Conference on Radioscience, Equatorial Atmospheric Science and Environment and Humanosphere Science, 2021*. Springer Proceedings in Physics, vol. 275. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0308-3_42
- [8] Imane, B., Virginia, Z. B. R., Abdelmajid, B., Mohammed, R., Mustapha, H., Diomande, B. I. (2021). Extraction of high-precision built-up areas from

SENTINEL-2B imagery via multi-index approach and fuzzy C-means algorithm. *Intercontinental Geoinformation Days*. **2**: 249-252.

- [9] Mathworks. (2022). Fuzzy C-means clustering. <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/fuzzy-c-means-clustering.html> [Diakses 12 November 2022]
- [10] Cebeci, Z. (2017). Partitioning cluster analysis using fuzzy C-means. <https://cran.r-project.org/web/packages/ppclust/vignettes/fcm.html> [Diakses 12 November 2022]
- [11] Choubin, B., Solaimani, K., Habibnejad Roshan, M., Malekian, A. (2017). Watershed classification by remote sensing indices: A fuzzy c-means clustering approach. *Journal of Mountain Science*. **14** (10): 2053-2063. <https://doi.org/10.1007/s11629-017-4357-4>
- [12] Taufik, A., Ahmad, S. S. S., Khairuddin, N. F. E. (2017). Classification of Landsat 8 satellite data using fuzzy c-means. *Proceedings of the 2017 International Conference on Machine Learning and Soft Computing*, Ho Chi Minh City, Vietnam, 2017 Jan 13-16 (pp. 58-62). <https://doi.org/10.1145/3036290.3036330>
- [13] Scheffler, D., Frantz, D., Segl, K. (2020). Spectral harmonization and red edge prediction of Landsat-8 to Sentinel-2 using land cover optimized multivariate regressors. *Remote Sensing of Environment*. **241**, 111723: 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111723>
- [14] Zaitunah, A., Ahmad, A. G., Safitri, R. A. (2018). Normalized difference vegetation index (ndvi) analysis for land cover types using landsat 8 OLI in Besitang watershed, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Friendly City 4 'From Research to Implementation for Better Sustainability', Medan, Indonesia, 2017 Oct 11-12. (Vol. 126 (1), 012112). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/126/1/012112
- [15] Shi, M., Zhang, L., Sun, W., Song, X. (2019). A fuzzy c-means algorithm guided by attribute correlations and its application in the big data analysis of tunnel boring machine. *Knowledge-Based Systems*. **182**, 104859: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.07.030>