

Pengelompokan Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan Berdasarkan Indeks kemahalan Konstruksi Tahun 2020-2024 Menggunakan Algoritma Spatio Temporal-DBSCAN

Grouping Regency/City in Kalimantan Island Based on Construction Cost Index in 2020-2024 Using Spatio Temporal-DBSCAN Algorithm

Muh. Irfan¹, Suyitno^{2 a)}, M. Fathurahman³

^{1,2,3}Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, Universitas Mulawarman, Indonesia

^{a)}Corresponding author: suyitno.stat.unmul@gmail.com

ABSTRACT

The Construction Cost Index (CCI) is an indicator that describes the level of cost of construction in a region compared to the national average. The CCI between districts/cities in Kalimantan Island in 2024 still shows a considerable difference. To understand the pattern and similarity of CCI values between districts/cities, a clustering approach is needed. Clustering is a data analysis technique to group data based on similarity. The clustering algorithm used in this research is the Spatio Temporal Density Based on Spatial Clustering of Application with Noise (Spatio Temporal-DBSCAN) algorithm which forms clusters based on density in spatial and temporal aspects simultaneously. The purpose of this study is to obtain the optimal cluster in clustering districts/cities on Kalimantan Island based on spatial aspects (longitude and latitude data) and temporal aspects (IKK value from 2020-2024) based on the Silhouette Coefficient (SC) value of the Eps and MinPts combinations that were tried. Based on the clustering results, 2 clusters and also noise were obtained from the combination of Eps1=2, Eps2=13 and MinPts=8 with an SC value of 0.3179 which means that the optimal cluster formed has a weak structure.

Keywords: construction cost index, silhouette coefficient, spatio temporal-dbscan

1. Pendahuluan

Indeks Kemahalan Konstruksi (IKK) merupakan indikator yang menggambarkan tingkat kemahalan biaya konstruksi suatu wilayah dibandingkan rata-rata nasional. Nilai IKK antar kabupaten/kota di Pulau Kalimantan menunjukkan perbedaan yang cukup besar, dengan rentang nilai mencapai lebih dari 40 poin (BPS, 2024). Perbedaan nilai IKK yang cukup besar mencerminkan ketimpangan pembangunan infrastruktur yang dipengaruhi oleh kondisi geografis, aksesibilitas transportasi, serta ketersediaan bahan bangunan dan tenaga kerja (Komariaah dkk., 2025).

Ketimpangan nilai IKK antarwilayah ini menunjukkan adanya tantangan dalam perencanaan pembangunan yang merata (PUPR, 2021). Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis pengelompokan wilayah berdasarkan nilai IKK untuk memperoleh gambaran pola sebaran biaya konstruksi dan mendukung perumusan kebijakan pembangunan yang lebih merata dan efisien. Untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan nilai IKK Tahun 2020-2024 dan koordinat lokasi dapat menggunakan algoritma *Spatio Temporal-DBSCAN*.

Spatio Temporal-DBSCAN merupakan pengembangan dari algoritma DBSCAN (*Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*) untuk menangani data spasio temporal (Armiady, 2022). Data spatio temporal yaitu data yang mempertimbangkan dimensi ruang (spasial) dan waktu (temporal) secara bersamaan (Dong & Guo, 2021). Algoritma *Spatio Temporal-DBSCAN* memiliki fleksibilitas dalam penentuan parameter pada radius jarak berdasarkan aspek spasial (*Eps1*) dan radius jarak berdasarkan aspek temporal (*Eps2*) serta jumlah minimum titik untuk membentuk sebuah *cluster* (*MinPts*) yang memberikan fleksibilitas dalam membentuk *cluster* dengan berbagai kepadatan. Proses penentuan nilai parameter biasanya dilakukan melalui percobaan berulang (*trial and error*). Nilai *Eps* ditentukan untuk memperoleh jumlah *cluster* yang sedikit, nilai *MinPts* diatur untuk meminimalkan jumlah *noise*. Keunggulan dari algoritma *Spatio Temporal-DBSCAN* adalah mampu membentuk *cluster* dengan bentuk data tak beraturan, mendeteksi *outlier*, serta tidak memerlukan jumlah *cluster* yang ditentukan di awal (Fahira & Nooraeni, 2023).

Algoritma *Spatio Temporal-DBSCAN* adalah algoritma dalam teknik *density based clustering*, yaitu metode pengelompokan data yang membentuk *cluster* berdasarkan kepadatan titik data di suatu area. *Density based clustering* merupakan bagian dari metode dalam *data mining*, yaitu proses untuk menggali pola atau informasi penting dari kumpulan data besar dan kompleks guna mendukung pengambilan keputusan atau analisis lebih lanjut (Asyuti & Setyawan, 2023).

2. Metode Penelitian

2.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian non-eksperimen, yaitu penelitian yang pengamatannya dilakukan terhadap sejumlah karakteristik dari subjek penelitian menurut keadaan aslinya tanpa ada manipulasi (intervensi) dari peneliti. Rancangan penelitian ini menggunakan rancangan kausal komparatif yang bersifat *ex post facto*, yaitu suatu rancangan yang bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab-akibat dan data dikumpulkan setelah semua kejadian yang menjadi persoalan sudah berlangsung (Sugiyono, 2013).

2.2 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah statistika deskriptif dan analisis *cluster* dengan algoritma *Spatio Temporal*-DBSCAN menggunakan bantuan *software R*. Statistika deskriptif adalah statistik yang membantu menganalisis data dengan mendeskripsikan atau mengilustrasikan data tanpa menarik kesimpulan atau generalisasi yang luas (Walpole dkk., 2012). Adapun tahapan analisis data adalah sebagai berikut.

1. Melakukan analisis statistika deskriptif pada unit pengamatan berdasarkan nilai IKK Tahun 2020-2024.
2. Mengelompokkan data dengan menggunakan algoritma *Spatio Temporal*-DBSCAN dengan tahapan sebagai berikut.

a. Menentukan nilai *Eps1*, *Eps2* dan *MinPts*.

b. Menghitung semua jarak antar unit pengamatan

Perhitungan jarak antar unit pengamatan berdasarkan aspek spasial dan *temporal* menggunakan jarak *Euclidean*, persamaan jarak *Euclidean* dapat dilihat pada Persamaan (1) dan Persamaan (2):

$$d_s(i, j) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad (1)$$

$$d_t(i, j) = \sqrt{(z_{ir} - z_{jr})^2 + \dots + (z_{im} - z_{jm})^2}, \quad (2)$$

Dimana $d(i, j)$ merupakan jarak *Euclidean* antar unit pengamatan (Pribadi dkk., 2022).

- c. Menentukan titik-titik yang dapat dicapai (*density reachable*) terhadap titik unit pengamatan yang berada dalam radius *Eps* dilihat berdasarkan hasil perhitungan jarak pada langkah 2, *density reachable* apabila $d(i, j) \leq Eps$.
 - d. Menentukan irisan titik-titik yang *density reachable* dari unit pengamatan berdasarkan aspek spasial dan aspek *temporal*, yaitu $A \cap B = \{d_s(i, j) | d_s(i, j) \in A \text{ dan } d_t(i, j) | d_t(i, j) \in B\}$.
 - e. Mengalokasikan (menempatkan) titik-titik yang *density reachable* terhadap titik unit pengamatan menjadi satu *cluster* (*C*). Jika banyaknya titik yang *density reachable* terhadap titik unit pengamatan lebih dari atau sama dengan *MinPts* maka titik unit pengamatan tersebut menjadi titik *O* (*core point*) sehingga terbentuk *cluster* dan dapat dilanjutkan ke titik lain sekitarnya yang merupakan titik *density reachable* terhadap titik *O*. Jika banyaknya titik yang *density reachable* terhadap titik *O* kurang dari *MinPts* disebut titik *p* (*border point*).
 - f. Menemukan apakah titik-titik yang *density reachable* terhadap titik unit pengamatan merupakan *core point* atau *border point* dengan mengulang langkah e. Proses berhenti bila tidak ada titik-titik baru yang *density reachable*.
 - g. Mengkategorikan unit pengamatan yang tidak masuk ke *cluster* manapun dikategorikan sebagai titik *q* (*outlier* atau *noise*) dan masuk *cluster* 0 (Birant & Kut, 2006).
3. Menghitung nilai *silhouette coefficient* dari hasil *cluster* analisis *Spatio Temporal*-DBSCAN untuk mengetahui hasil *cluster* terbaik.

Penentuan nilai SC pada algoritma *Spatio Temporal*-DBSCAN dilakukan dengan menghitung nilai SC secara terpisah pada aspek spasial dan aspek temporal, kemudian mengambil rata-rata dari nilai SC pada kedua aspek. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang seimbang mengenai kualitas *cluster* berdasarkan kedekatan geografis maupun kesamaan waktu. Dengan demikian, nilai SC yang dihasilkan mampu merepresentasikan performa pengelompokan dalam kerangka spatio temporal secara lebih menyeluruh (Suryani dkk., 2023).

Perhitungan nilai *Silhouette* sebagai berikut:

- a. Menghitung rata-rata jarak dari suatu unit pengamatan ke-*i* dengan semua unit pengamatan yang berada pada satu *cluster* yang sama dengan menggunakan Persamaan (3).

$$a_i = \frac{1}{n_p^* - 1} \sum_{j=1}^{n_p^* - 1} d(i, j) \quad (3)$$

- b. Menghitung rata-rata jarak antar unit pengamatan ke-*i* dengan semua unit pengamatan yang berada pada *cluster* yang berbeda dengan menggunakan Persamaan (4).

$$b_i = \min \{d_i(p)\} \quad (4)$$

$$d_i(p) = \left\{ \frac{1}{n_p^*} \sum_{j=1}^{n_p^*} d(i, j) \right\},$$

- c. Menghitung nilai *Silhouette Indeks* (SI_i) untuk setiap unit pengamatan ke- i dengan menggunakan Persamaan (5).

$$SI_i = \frac{b_i - a_i}{\max\{a_i, b_i\}}, \quad (5)$$

- d. Menghitung rata-rata nilai *Silhouette Indeks* $SI(p)$ untuk setiap *cluster* ke- p dengan menggunakan Persamaan (6).

$$SI(p) = \frac{1}{n_p^*} \sum_{j=1}^{n_p^*} SI_i, \quad (6)$$

- e. Menghitung rata-rata nilai *Silhouette Coefficient* (SC) dengan menggunakan Persamaan (7).

$$SC = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k SI_p, \quad (7)$$

- f. Menentukan nilai *cluster* dari (SC) yang optimal (Nugroho & Adhinata, 2022).

3. Hasil dan Pembahasan

Data penelitian yaitu data Indeks Kemahalan Konstruksi di 56 kabupaten/kota di Pulau Kalimantan pada Tahun 2020-2024 yang dipublikasi dalam laman resmi Badan Pusat Statistik yaitu <https://www.bps.go.id/id>. Penelitian ini juga menggunakan data letak geografis *longitude* dan *latitude* kabupaten/kota di Pulau Kalimantan dengan titik koordinat di kantor Bupati/Walikota yang ditentukan menggunakan *Google Maps*.

3.1 Deskriptif Data Penelitian

Deskriptif pada data IKK di Pulau Kalimantan dinyatakan dalam statistik deskriptif yang terdiri dari nilai minimum, nilai maksimum, rata-rata, dan simpangan baku (Ananda dkk., 2023). Statistik deskriptif dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif

	Indeks Kemahalan Konstruksi				
	2020	2021	2022	2023	2024
Minimum	93,16	92,93	97,80	98,14	93,27
Maksimum	143,93	136,90	142,97	129,59	137,82
Rata-rata	105,51	105,52	107,40	107,21	107,68
Simpangan Baku	8,38	8,11	7,47	6,44	7,62

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa taksiran nilai IKK di Pulau Kalimantan Tahun 2020 sebesar 105,51 dengan penyimpangan maksimum sebesar 8,38. Nilai minimum dan maksimum IKK di Pulau Kalimantan Tahun 2020 berturut-turut sebesar 93,16 dan 143,93. IKK minimum tercatat di Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah dan nilai IKK maksimum tercatat di Kabupaten Mahakam Ulu Provinsi Kalimantan Timur.

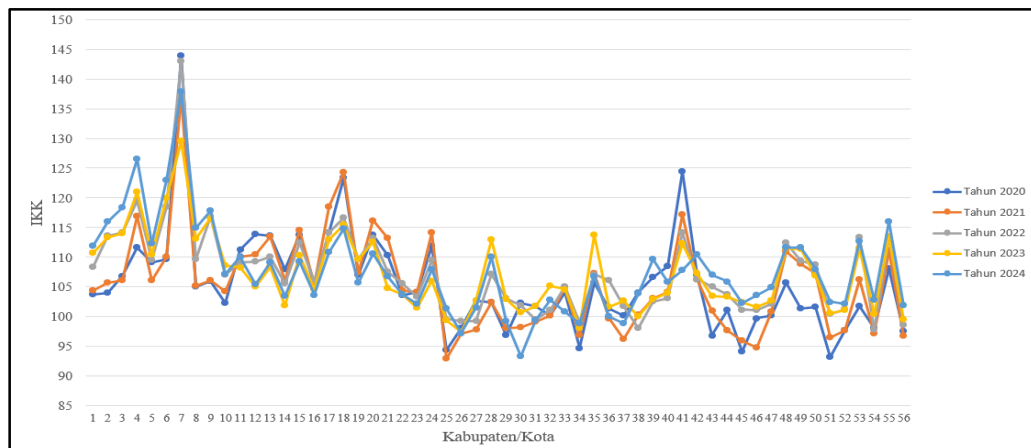
Pada Tahun 2021 Taksiran nilai IKK di Pulau Kalimantan mengalami sedikit kenaikan menjadi 105,52 dengan penyimpangan maksimum sebesar 8,11. Nilai minimum dan maksimum IKK di Pulau Kalimantan Tahun 2021 berturut-turut sebesar 92,93 dan 136,90. IKK minimum tercatat di Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan dan nilai IKK maksimum tercatat di Kabupaten Mahakam Ulu Provinsi Kalimantan Timur.

Taksiran nilai IKK di Pulau Kalimantan Tahun 2022 mengalami kenaikan menjadi 107,40 dengan penyimpangan maksimum sebesar 7,47. Nilai minimum dan maksimum IKK di Pulau Kalimantan Tahun 2022 berturut-turut sebesar 97,80 dan 142,97. IKK minimum tercatat di Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah dan nilai IKK maksimum tercatat di Kabupaten Mahakam Ulu Provinsi Kalimantan Timur.

Taksiran nilai IKK di Pulau Kalimantan mengalami penurunan menjadi 107,21 dengan penyimpangan maksimum sebesar 6,44. Nilai minimum dan maksimum IKK di Pulau Kalimantan Tahun 2023 berturut-turut sebesar 98,14 dan 129,59. IKK minimum tercatat di Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan dan nilai IKK maksimum tercatat di Kabupaten Mahakam Ulu Provinsi Kalimantan Timur.

Taksiran nilai IKK di Pulau Kalimantan di Tahun 2024 mengalami kenaikan menjadi sebesar 107,68 dengan penyimpangan maksimum sebesar 7,62. Nilai minimum dan maksimum IKK di Pulau Kalimantan Tahun 2024 berturut-turut sebesar 93,27 dan 137,82. IKK minimum tercatat di Kabupaten Hulu Sungai Selatan Provinsi Kalimantan Selatan dan nilai IKK maksimum tercatat di Kabupaten Mahakam Ulu Provinsi Kalimantan Timur. Fluktuasi nilai IKK di setiap kabupaten/kota dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024 disajikan

pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Nilai IKK Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan Tahun 2020 hingga Tahun 2024

Berdasarkan fluktuasi nilai IKK di masing-masing kabupaten/kota di Pulau Kalimantan terdapat kabupaten/kota yang memiliki perubahan nilai IKK setiap tahunnya, terdapat kabupaten/kota yang memiliki IKK cenderung naik setiap tahunnya dan terdapat juga kabupaten/kota yang memiliki nilai IKK yang cenderung menurun setiap tahunnya. Perubahan nilai IKK dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor, di antaranya adalah faktor geografis, ekonomi, infrastruktur, dan distribusi logistik.

3.2 Analisis Cluster dengan Algoritma Spatio Temporal-DBSCAN

Proses pembentukan *cluster* menggunakan algoritma *Spatio Temporal-DBSCAN* dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang mengacu pada langkah-langkah pada sub bab 2.2 no 2, dimulai dengan penentuan parameter *Eps1*, *Eps2*, dan *MinPts*, menghitung jarak *Euclidean* antar unit pengamatan, penentuan *density reachable* pada aspek spasial dan aspek temporal, penentuan irisan yang *density reachable* antara aspek spasial dan aspek temporal, penentuan *core point*, *border point*, dan *noise* kemudian pembentukan *cluster*.

3.2.1 Penentuan Parameter *Eps1*, *Eps2*, dan *MinPts*

Penentuan nilai *Eps* dan *MinPts* dilakukan dengan cara percobaan berulang untuk memperoleh *cluster* yang optimal. Pada penelitian ini nilai *Eps1* dibatasi pada nilai 1, 2, 3, dan 4, nilai *Eps2* dibatasi pada nilai 9, 10, 11, 12, 13, 14, dan 15 serta nilai *MinPts* dibatasi pada nilai 4, 5, 6, 7, dan 8. Kombinasi yang dicobakan pada penelitian ini sebanyak 140 kombinasi dan kombinasi optimal ditentukan berdasarkan nilai *silhouette coefficient*, kombinasi yang optimal merupakan kombinasi yang memiliki nilai *silhouette coefficient* tertinggi. Kombinasi *Eps1*, *Eps2*, dan *MinPts* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kombinasi <i>Eps1</i> , <i>Eps2</i> , dan <i>MinPts</i>			
No Kombinasi(K)	<i>Eps1</i>	<i>Eps2</i>	<i>MinPts</i>
1	1	9	4
2	2	9	4
⋮	⋮	⋮	⋮
140	4	15	8

3.2.2 Perhitungan Jarak *Euclidean* antar Unit Pengamatan

Dalam algoritma *Spatio Temporal-DBSCAN* pengukuran jarak *Euclidean* antar unit pengamatan dilakukan pada aspek spasial (*longitude* dan *latitude*) menggunakan Persamaan (1) dan pengukuran jarak *Euclidean* antar unit pengamatan pada aspek temporal (data IKK pada Tahun 2020-2024) menggunakan Persamaan (2).

- Contoh perhitungan jarak *Euclidean* pada aspek spasial adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d_s(1,2) &= \sqrt{((-1,2767)-2,1497)^2 + (116,8251-117,5049)^2} \\
 &= 3,4931 \\
 &\vdots \\
 d_s(56,55) &= \sqrt{((-0,139)-(-2,206))^2 + (114,415-113,912)^2}
 \end{aligned}$$

$$= 2,1273$$

2. Contoh perhitungan jarak *Euclidean* pada aspek temporal menggunakan Persamaan (2.4) yakni.

$$\begin{aligned} d_i(1,2) &= \sqrt{(103,71-103,98)^2 + (104,41-105,74)^2 + (108,34-113,67)^2} \\ &\quad + \sqrt{(110,67-113,4)^2 + (111,89-115,92)^2} \\ &= 7,3446 \\ &\vdots \\ d_i(56,55) &= \sqrt{(108,02-97,60)^2 + (111,12-96,78)^2 + (113,51-98,66)^2} \\ &\quad + \sqrt{(113,50-99,54)^2 + (116,04-101,91)^2} \\ &= 30,4839 \end{aligned}$$

3.2.3 Penentuan *Density Reachable*

Penentuan unit pengamatan yang *density reachable* terhadap unit pengamatan lainnya berdasarkan nilai *Eps*, dimana *density reachable* jika memenuhi $d(i, j) \leq Eps$. Berdasarkan kombinasi nilai *Eps* dan *MinPts* pada Tabel 2, dipilih nilai *Eps*₁ = 3, *Eps*₂ = 9, dan *MinPts* = 7 yang di contohkan untuk penentuan *density reachable* dan kombinasi lainnya menggunakan bantuan *software R*.

1. Penentuan *density reachable* berdasarkan aspek spasial

Unit pengamatan *density reachable* berdasarkan aspek spasial jika $d_s(i, j) \leq Eps_1 = 3$. Jarak antara unit pengamatan pertama (Kota Balikpapan) dan unit pengamatan kedua (Kabupaten Berau) $d_s(1,2) = 3,4931$, dimana jarak $d_s(1,2) > Eps_1$ sehingga dapat dikatakan bahwa Kota Balikpapan tidak *density reachable* terhadap Kabupaten Berau atau dengan kata lain Kota Balikpapan tidak dapat menjangkau Kabupaten Berau berdasarkan jarak pada aspek spasial.

Tabel 3. Unit Pengamatan yang Saling *Density Reachable* Berdasarkan Aspek Spasial untuk *Eps*₁=3

<i>i</i>	Kabupaten/Kota	Titik yang <i>density reachable</i>
1	Balikpapan	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 45, 46, 47, 52, 53, 54, 55
2	Berau	2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 38, 39, 40, 41, 42
⋮	⋮	⋮
56	Kota Palangka Raya	4, 7, 8, 9, 20, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

2. Penentuan *density reachable* berdasarkan aspek temporal

Unit pengamatan dikatakan *density reachable* berdasarkan aspek temporal jika $d_t(i, j) \leq Eps_1 = 9$. Jarak antar unit pengamatan pertama (Kota Balikpapan) dan unit pengamatan kedua (Kabupaten Berau) $d_t(1,2) = 7,3301$, dimana jarak $d_t(1,2) < Eps_1$ sehingga dapat dikatakan bahwa Kota Balikpapan *density reachable* terhadap Kabupaten Berau atau dengan kata lain Kota Balikpapan dapat menjangkau Kabupaten Berau berdasarkan jarak pada aspek temporal.

Tabel 4. Unit Pengamatan yang Saling *Density Reachable* Berdasarkan Aspek Temporal untuk *Eps*₂=9

<i>i</i>	Kabupaten/Kota	Titik yang <i>density reachable</i>
1	Balikpapan	1, 2, 5, 8, 10, 19, 28, 35, 42, 48, 49, 50, 53
2	Berau	1, 2, 3, 5, 8, 9, 48, 49, 53, 55
⋮	⋮	⋮
56	Kota Palangka Raya	25, 26, 27, 29, 31, 32, 34, 37, 38, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 54, 56

Selanjutnya adalah penentuan *core point* dengan cara melihat jumlah irisan *density reachable* pada unit pengamatan apakah $\geq MinPts$.

3. Penentuan Irisan *Density Reachable* dari Unit Pengamatan ke-*i* Berdasarkan Aspek Spasial dan Temporal

Setelah penentuan unit pengamatan yang *density reachable* berdasarkan aspek spasial dan aspek temporal, kemudian dicari titik-titik unit pengamatan yang beririsan *density reachable* berdasarkan kedua aspek tersebut, yakni unit pengamatan yang *density reachable* berdasarkan aspek spasial dan aspek temporal.

Tabel 5. Irisan *Density Reachable* dari Unit Pengamatan ke-*i* Berdasarkan Aspek Spasial dan Temporal

<i>i</i>	Kabupaten/Kota	Titik yang <i>density reachable</i>	Jumlah
1	Balikpapan	1, 5, 8, 10, 28, 35, 53	7
2	Berau	2, 3, 5	3
⋮	⋮	⋮	⋮
56	Kota Palangka Raya	25, 26, 27, 29, 31, 32, 34, 37, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 54, 56	16

Selanjutnya adalah penentuan *core point* dengan cara melihat jumlah irisan *density reachable* pada unit pengamatan apakah $\geq \text{MinPts}$. Pada pembahasan ini nilai *MinPts* yang dipilih adalah *MinPts* = 7. Pada Tabel 5 diketahui bahwa unit Kota Balikpapan (*i*=1) merupakan *core point* karena jumlah irisannya adalah 7 sama dengan nilai *MinPts*. Setelah memperoleh *core point* pertama, selanjutnya mengecek unit pengamatan yang *density reachable* terhadap *core point* tersebut apakah juga termasuk *core point* atau *border point* dan terbentuk 1 *cluster* dengan anggotanya merupakan gabungan unit pengamatan yang *density reachable* terhadap *core point* diperoleh hasil pada tabel 6.

Tabel 6. Anggota *Cluster* 1 Berdasarkan Kombinasi ke-87

<i>i</i>	Kabupaten/Kota	Jumlah Irisan	Core/Border
1	Balikpapan	7	Core
2	Berau	3	Border
3	Bontang	6	Border
5	Kutai Kartanegara	7	Core
8	Paser	9	Core
9	Penajam Paser Utara	5	Border
10	Kota Samarinda	4	Border
28	Barito Kuala	6	Border
35	Balangan	6	Border
49	Lamandau	5	Border
50	Seruyan	5	Border
53	Gunung Mas	7	Core
55	Murung raya	6	Border

Selanjutnya membentuk *cluster* lain dengan cara mencari *core point* baru, yaitu unit pengamatan lain yang bukan anggota *cluster* 1 dan memiliki jumlah irisan *density reachable* $\geq \text{MinPts}$. unit pengamatan yang tidak termasuk kedalam *cluster* manapun akan dikelompokkan kedalam *cluster* 0 atau *noise*.

3.3 Validasi Cluster

Validasi *cluster* digunakan untuk melihat kekuatan dan kualitas dari hasil *cluster* yang diperoleh menggunakan *silhouette coefficient*. Perhitungan nilai SC dilakukan berdasarkan aspek spasial dan aspek temporal kemudian menggunakan rata-rata kedua aspek tersebut untuk melihat nilai SC optimal. Berdasarkan nilai *Eps* dan *MinPts* yang dicontohkan diperoleh nilai SC pada aspek spasial sebesar 0,2661 dan SC pada aspek temporal sebesar 0,2683 dengan nilai rata-rata sebesar 0,2672.

Analisis *Spatio Temporal-DBSCAN* menghasilkan jumlah *cluster* yang bervariasi sebanyak 4 macam *cluster*, jumlah *cluster* yang dihasilkan yaitu 1, 2, 3, dan 4 *cluster* berdasarkan nilai *Eps* dan *MinPts* yang dicobakan seperti pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil Nilai SC Beserta Jumlah *Cluster* yang Dihasilkan Berdasarkan Kombinasi Parameter yang Dicobakan

No (K)	<i>Eps</i> 1	<i>Eps</i> 2	<i>MinPts</i>	Jumlah Cluster	Jumlah Noise	SC Temporal	SC Spasial	Rata-rata SC
1	1	9	4	3	29	0,0391	0,0307	0,0349
2	2	9	4	3	15	0,1997	0,2778	0,2388
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
140	4	15	8	1	3	0,5635	0,0917	0,3276

3.4 Cluster Optimal

Cluster Optimal diperoleh dari rata-rata nilai SC tertinggi berdasarkan aspek spasial dan temporal yang membentuk 2 *cluster* atau lebih. Kombinasi nilai *Eps* dan *MinPts* optimal ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Kombinasi Parameter *Eps* dan *MinPts* Optimal

No Kombinas i	<i>Eps</i> 1	<i>Eps</i> 2	<i>MinPts</i>	Jumlah <i>Cluster</i>	Jumlah <i>Noise</i>	SC Temporal	SC Spasial	Rata-rata SC
130	2	13	8	2	19	0,2005	0,4353	0,3179

Berdasarkan Tabel 8. bahwa rata-rata nilai SC yang optimal memiliki nilai SC pada aspek spasial sebesar 0,4353 berarti bahwa struktur *cluster* yang terbentuk berdasarkan aspek spasial adalah lemah, artinya banyak unit-unit pengamatan tergolong dalam *cluster* yang salah karena banyak unit pengamatan yang letaknya berjauhan berdasarkan aspek spasial tetapi tergolong dalam *cluster* yang sama.

Nilai SC pada aspek temporal sebesar 0,2005 berarti struktur *cluster* yang terbentuk berdasarkan aspek temporal adalah buruk, artinya banyak unit-unit pengamatan dalam masing-masing *cluster* memiliki kemiripan yang rendah. Rata rata nilai SC optimal berdasarkan aspek spasial dan aspek temporal adalah 0,3179 yang berarti bahwa struktur *cluster* yang terbentuk berdasarkan aspek spasial dan temporal adalah lemah, artinya banyak unit-unit pengamatan tergolong dalam *cluster* yang salah, dan disebabkan oleh banyak unit pengamatan yang berdekatan berdasarkan aspek spasial tetapi memiliki nilai IKK yang tidak mirip berdasarkan aspek temporal tergabung dalam *cluster* yang sama. Anggota *Cluster* disajikan pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Anggota *Cluster* Pada Parameter Optimal

<i>Cluster</i>	Unit pengamatan	Kabupaten/Kota
1	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 48	Kabupaten Sambas, Kabupaten Bengkayang, Kabupaten Landak, Kabupaten Mempawah, Kabupaten Sanggau, Kabupaten Ketapang, Kabupaten Sintang, Kabupaten Sekadau, Kabupaten Melawi, Kabupaten Kayong Utara, Kabupaten Kubu Raya, Kota Pontianak, Kota Singkawang, Kabupaten Sukamara
2	25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 54, 56	Kabupaten Tanah Laut, Kota Baru, Kabupaten Banjar, Kabupaten Barito Kuala, Kabupaten Tapin, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kabupaten Tabalong, Kabupaten Tanah Bumbu, Kabupaten Balangan, Kota Banjarmasin, Kota Banjar Baru, Kota Waringin Barat, Kota Waringin Timur, Kabupaten, Kapuas, Kabupaten Bariton Selatan, Kabupaten Barito Utara, Kabupaten Seruyan, Kabupaten Katingan, Kabupaten Pulang Pisau, Kabupaten Barito Timur, Kota Palangka Raya
0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 18, 38, 39, 40, 41, 42, 49, 53, 55	Kota Balikpapan, Kabupaten Berau, Kota Bontang, Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Kutai Timur, Kabupaten Mahakam Ulu, Kabupaten Paser, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kota Samarinda, Kabupaten Kapuas Hulu, Kabupaten Malinau, Kabupaten Bulungan, Kabupaten Tana Tidung, Kabupaten Nunukan, Kota Tarakan, Kabupaten, Lamandau, Kabupaten Gunung Mas, Kabupaten Murung Raya

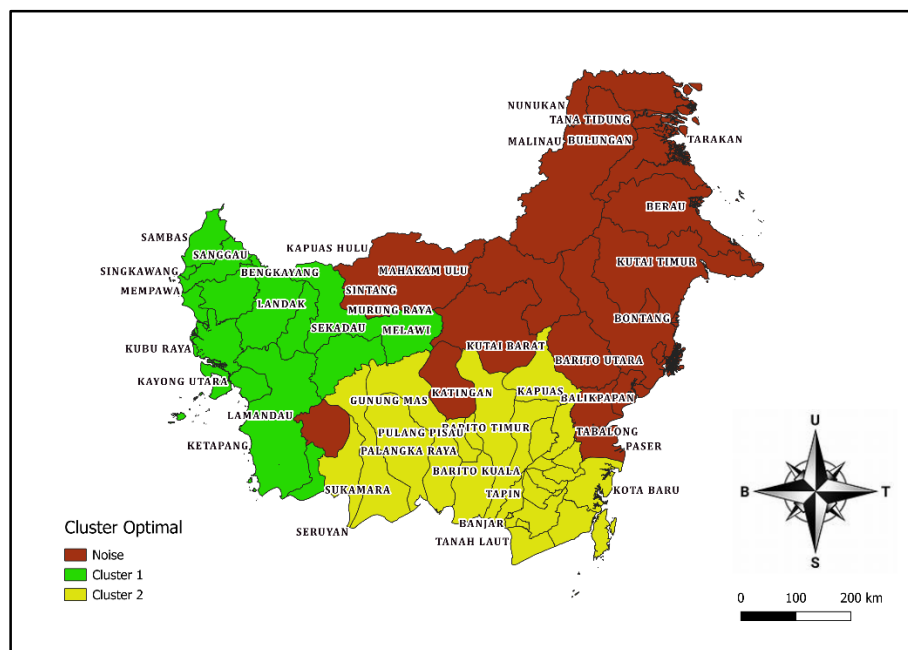
Deskriptif tiap *cluster* yang terbentuk dari pengelompokan kabupaten/kota di Pulau Kalimantan berdasarkan nilai IKK dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024 disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Deskriptif *cluster* yang terbentuk

	<i>Cluster 1</i>				
	2020	2021	2022	2023	2024
Minimum	103,63	104,09	103,31	101,54	102,16
Maksimum	114,15	118,51	114,15	112,92	111,64
Rata-rata	109,73	110,64	109,13	107,23	107,17
Simpangan Baku	4,00	4,60	3,24	3,82	3,16
<i>Cluster 2</i>					

	2020	2021	2022	2023	2024
Minimum	93,16	92,93	97,80	98,14	93,27
Maksimum	105,71	107,35	108,72	113,80	110,05
Rata-rata	99,34	98,99	102,17	102,90	102,23
Simpangan Baku	3,35	3,66	3,06	3,91	3,79
<i>Noise</i>					
	2020	2021	2022	2023	2024
Minimum	101,34	100,28	98,11	100,01	103,83
Maksimum	143,93	136,90	142,97	129,59	137,82
Rata-rata	109,86	109,64	112,49	112,41	114,66
Simpangan Baku	10,36	8,76	9,32	6,75	7,95

Pengelompokan kabupaten/kota di Pulau Kalimantan berdasarkan nilai IKK Tahun 2020-2024 juga dapat divisualisasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Spasial Mapping Cluster Optimal

Berdasarkan Gambar 2, kabupaten/kota di Pulau Kalimantan dapat dikelompokkan menjadi 2 *cluster* berdasarkan nilai IKK dari Tahun 2020-2024 dimana, warna merah merupakan *noise*, warna hijau merupakan anggota *cluster 1* dan warna kuning merupakan anggota *cluster 2*. *Cluster 1* memiliki rata-rata nilai IKK yang cenderung turun dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024, dimana rata-rata nilai IKK pada *cluster 1* di tahun 2020 sebesar 109,73 dan pada Tahun 2024 sebesar 107,17. *Cluster 2* memiliki rata-rata nilai IKK yang cenderung naik dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024, dimana rata-rata nilai IKK pada *cluster 2* di Tahun 2020 sebesar 99,34 dan pada Tahun 2024 sebesar 102,23. *Noise* memiliki nilai IKK yang cenderung berfluktuasi dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024. Anggota tiap *cluster* dapat dilihat pada Tabel 9, dimana sebanyak 14 kabupaten/kota tergabung dalam *cluster 1*, 23 kabupaten/kota tergabung dalam *cluster 2* dan 19 kabupaten/kota yang tidak tergabung dalam *cluster* manapun atau *noise*. *Cluster 1* didominasi oleh daerah pesisir dan dataran rendah dengan tingkat konektivitas antar kabupaten/kota yang relatif baik. Kondisi geografis tersebut didukung oleh peningkatan infrastruktur transportasi yang berperan penting dalam memperlancar arus logistik dan menekan biaya distribusi material konstruksi, sehingga mendorong efisiensi kegiatan pembangunan dan penurunan nilai IKK. Sementara itu, wilayah *cluster 2* sebagian besar berupa dataran rendah yang dilalui oleh daerah aliran sungai besar seperti Sungai Barito dan Sungai Kapuas, yang berfungsi sebagai jalur utama distribusi barang dan aktivitas ekonomi. Akses transportasi darat dan sungai yang baik serta ketersediaan bahan bangunan dan tenaga kerja konstruksi yang memadai, mendukung efisiensi logistik dan menjaga stabilitas biaya pembangunan, sehingga nilai IKK pada *cluster 2* relatif rendah dan stabil. Adapun kabupaten/kota yang termasuk dalam kategori *noise* memiliki karakteristik geografis yang sangat beragam, terdapat kawasan industri di pesisir hingga daerah pegunungan dan pedalaman yang terpencil. Variasi tersebut berdampak pada

perbedaan aksesibilitas transportasi dan biaya logistik. Peningkatan aktivitas ekonomi akibat pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN) dan ekspansi sektor pertambangan turut mendorong kenaikan permintaan bahan bangunan dan tenaga kerja konstruksi di beberapa daerah, sedangkan wilayah lain menghadapi keterbatasan sumber daya dan akses. Kondisi tersebut menyebabkan tingginya variasi nilai IKK antar kabupaten/kota yang menjadi *noise* di Pulau Kalimantan.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Nilai *silhouette coefficient* optimal untuk validasi hasil *cluster* kabupaten/kota di Pulau Kalimantan berdasarkan aspek spasial (*longitude* dan *latitude*) dan aspek temporal (IKK Tahun 2020-2024) dengan algoritma *Spatio Temporal-DBSCAN* sebesar 0,3179 yang menyatakan bahwa struktur *cluster* yang dihasilkan adalah lemah, artinya sedikit sekali unit pengamatan berada pada *cluster* yang tepat.
2. *Cluster* yang terbentuk berdasarkan nilai *silhouette coefficient* optimal pada pengelompokan kabupaten/kota di Pulau Kalimantan berdasarkan aspek spasial (*longitude* dan *latitude*) dan aspek temporal (IKK Tahun 2020-2024) adalah 2 *cluster* dan *noise*. *Cluster* 1 beranggotakan 14 kabupaten/kota, *cluster* 2 beranggotakan 23 kabupaten/kota dan *noise* sebanyak 19 kabupaten/kota.
3. Kombinasi parameter *Eps*₁, *Eps*₂, dan *MinPts* yang menghasilkan *cluster* optimal adalah kombinasi ke-130 dengan nilai *Eps*₁=2, *Eps*₂=13, dan *MinPts*=8.

5. Referensi

- Ananda, N. M. S., Suyitno, S., & Siringoringo, M. (2023). Geographically Weighted Panel Regression Modelling of Human Development Index Data in East Kalimantan Province in 2017-2020. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 19(2), 323–341. <https://doi.org/10.20956/j.v19i2.23775>
- Armiahy, D. (2022). Analisis Metode DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Application with Noise) dalam Mendeteksi Data Outlier. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(6), 2158. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i6.5080>
- Asyuti, S., & Setyawan, A. A. (2023). Data Mining Dalam Penggunaan Presensi Karyawan Denga Cluster Means. *Jurnal Ilmiah Sains Teknologi Dan Informasi*, 1(1).
- Birant, D., & Kut, A. (2006). ST-DBSCAN: An algorithm for clustering spatial-temporal data. *Data and Knowledge Engineering*, 60(1). <https://doi.org/10.1016/j.datak.2006.01.013>
- BPS. (2024). *Indeks kemahalan konstruksi provinsi dan kabupaten/kota* (hal. 6). Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Dong, Z., & Guo, C. (2021). A literature review of spatio-temporal data analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1792(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1792/1/012056>
- Fahira, A. N., & Nooraeni, R. (2023). Optimasi Parameter ST-DBSCAN dengan KNN dan Algoritma Genetika Studi Kasus: Data Bencana Alam di Pulau Jawa 2021. *Jurnal Komputasi*, 11(1), 24–33.
- Komariaah, A., Sutanto, H., & Wafik, A. Z. (2025). Pengaruh Indeks Kemahalan Konstruksi (IKK), Investasi Swasta dan Belanja Hibah Terhadap Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Journal of Economic, Business and Accounting*, 8(Cci), 1–23.
- Nugroho, N., & Adhinata, F. D. (2022). Penggunaan Metode K-Means dan K-Means++ Sebagai Clustering Data Covid-19 di Pulau Jawa. *Teknika*, 11(3), 170–179. <https://doi.org/10.34148/teknika.v11i3.502>
- Pribadi, W. W., Yunus, A., & Wiguna, A. S. (2022). Perbandingan Metode K-Means Euclidean Distance Dan Manhattan Distance Pada Penentuan Zonasi Covid-19 Di Kabupaten Malang. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2). <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.4808>
- PUPR. (2021). *Konstruksi berkelanjutan*. Kementerian Pekerjaan dan Perumahan Rakyat.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Penerbit Alfabeta.
- Suryani, B. A., Hayati, M. N., & Prangga, S. (2023). Pengelompokan Kabupaten / Kota Di Pulau Kalimantan Pembangunan Manusia Menggunakan Metode Algoritma St-Dbscan (Grouping Of Districts / Cities On Kalimantan In 2020 And 2021 Based On The Human Development Index Using The St-Dbscan Algorithm Method) Data. *Jurnal Riset Pembangunan*, 6, 1–9.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists* (9 ed.). Prentice Hall.