

APLIKASI METODE PARTISI *BLOCK-BASED K-MEDOIDS* PADA PENGELOMPOKAN RUAS JALAN DI KABUPATEN BANTUL YOGYAKARTA

Nurlaila Safrani¹, Kariyam^{1*}, Feri Wijayanto², Edy Widodo¹, Anggun Puspita Sari¹, Nanda Arya Fikri¹

¹Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

²Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

*Email: kariyam@uii.ac.id

ABSTRAK

Kerusakan jalan merupakan permasalahan serius yang berdampak pada keselamatan, kenyamanan, dan kelancaran aktivitas masyarakat. Tujuan penelitian ini adalah mengelompokkan 76 ruas jalan di Kabupaten Bantul menggunakan metode partisi *Block-based K-Medoids* (Block-KM). Variabel penelitian yang digunakan adalah tiga jenis kerusakan jalan yaitu *alligator*, *corrugation*, dan *pothole*. Optimal jumlah klaster ditentukan berdasarkan empat kriteria yaitu *Deviation Ratio Index based on Medoid (DRIM)*, *Variance Ratio Criterion (VRC)*, *Silhouette*, dan Indeks Krzanowski-Lai (KL). Hasil penelitian menunjukkan bahwa, kecuali indeks KL, maka tiga kriteria lain menyimpulkan optimal jumlah kelompok adalah dua. Klaster pertama terdiri dari 28 ruas jalan dengan dominasi kerusakan *pothole*, sehingga menjadi prioritas utama perbaikan. Klaster kedua mencakup 48 ruas jalan dengan dominasi *alligator* dan *corrugation* yang berdampak pada ketidaknyamanan berkendara, sehingga memerlukan strategi pemeliharaan berkelanjutan.

Kata kunci: Block-KM, Clustering, DRIM, VRC, Silhouette, Indeks KL, Kerusakan Jalan, Kabupaten Bantul

ABSTRACT

Road damage is a serious problem that impacts the safety, comfort, and smoothness of community activities. The purpose of this study is to group 76 road sections in Bantul Regency using the Block-based K-Medoids (Block-KM) partition method. The research variables used are three types of road damage, namely alligator, corrugation, and pothole. The optimal number of clusters is determined based on four criteria, namely the Deviation Ratio Index based on Medoid (DRIM), Variance Ratio Criterion (VRC), Silhouette, and Krzanowski-Lai (KL) Index. The results show that except for the KL index, the other three criteria conclude that the optimal number of clusters is two. The first cluster consists of 28 road sections with a predominance of pothole damage, making it a top priority for repair. The second cluster includes 48 road sections with a predominance of alligator and corrugation, which impact driving discomfort and require a continuous maintenance strategy.

Keywords: Block-KM, Clustering, DRIM, VRC, Silhouette, Index KL Road Damage, Bantul Regency

PENDAHULUAN

Jalan merupakan fasilitas transportasi yang paling sering digunakan oleh seluruh elemen masyarakat, sehingga mempengaruhi aktivitas sehari-hari (Sukma dan Kabdiyono, 2025). Undang-undang Nomor 38 Tahun 2004 menjelaskan bahwa jalan adalah prasarana transportasi darat beserta pelengkapnya, kecuali jalan kereta api, lori, dan kabel. Sebagai prasarana transportasi darat, jalan mendukung berbagai aktivitas seperti pendidikan, bisnis, ekonomi, sosial, budaya, dan lingkungan (Karim dkk., 2024). Namun, kondisi jalan di Indonesia masih menghadapi persoalan serius, tak terkecuali di Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta.

Kerusakan jalan menimbulkan berbagai dampak, seperti kemacetan, kecelakaan lalu lintas, kerusakan kendaraan, hingga terganggunya kenyamanan pengguna jalan (Nabawi dkk., 2021; Kurniawati dkk., 2022; Ruben dkk., 2024). Berdasarkan data Kementerian PUPR, panjang jalan nasional non-tol mencapai 47.017,27-kilometer (km) tetapi hanya 18.745,97 km yang berkondisi baik, sedangkan sisanya dalam kondisi rusak ringan hingga parah (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). Kerusakan jalan yang terjadi di berbagai daerah saat ini menjadi permasalahan kompleks yang berdampak luas bagi pengguna jalan. Permasalahan serupa ditemukan di Kabupaten Bantul, Yogyakarta, di mana kerusakan jalan disebabkan oleh beban kendaraan berlebih, drainase yang buruk, serta volume lalu lintas tinggi (Luzan dkk., 2023). Menurut data DPUPKP Bantul, dari total 1.210,72 km jalan kabupaten, sekitar 35,33% (427,74 km) mengalami kerusakan, sementara 64,67% (782 km) dalam kondisi baik, dengan 600 km di antaranya benar-benar prima. Kondisi ini berdampak langsung pada keselamatan pengguna jalan dan kelancaran aktivitas ekonomi. Mengingat Kabupaten Bantul tengah berada dalam fase pertumbuhan ekonomi dengan sektor unggulan pertanian, kriya kreatif, dan pariwisata, penyediaan infrastruktur jalan yang memadai menjadi kebutuhan mendesak untuk mendukung mobilitas masyarakat dan perkembangan ekonomi daerah. Oleh karena itu, upaya pemeliharaan dan penanganan kerusakan jalan merupakan aspek penting untuk menjamin fungsi jalan sebagai infrastruktur publik yang mendukung keselamatan dan kesejahteraan masyarakat. Analisis klaster merupakan metode yang digunakan untuk membagi sekumpulan objek menjadi kelompok-kelompok homogen tanpa adanya informasi awal mengenai struktur data (Rasidia dkk., 2025; Alodia dkk., 2021; Alfiah dkk., 2021). Beberapa penelitian menggunakan pendekatan partisi klaster untuk mengelompokkan sejumlah n objek ke dalam k klaster.

Salah satu metode pengelompokan berbasis partisi adalah algoritma K-Medoid, di mana objek-objek dalam kumpulan data dijadikan representasi klaster (Luzan dkk., 2023; Fajriana, 2021; Arifandi dkk., 2021; Kariyam dkk., 2023). Objek yang terpilih untuk menjadi

representasi kelompok t disebut medoid, dan proses pembentukan klaster dilakukan dengan menghitung jarak terdekat antara medoid dan objek lainnya. K-Medoid dikenal sebagai alternatif dari K-Means karena dapat digunakan pada data campuran, dengan cara yang relatif sederhana dan cepat. Algoritma ini bekerja dengan menghitung matriks jarak lalu memperbarui medoid pada setiap iterasi. Penelitian (Doi dkk., 2023) menunjukkan bahwa algoritma *Simple Fast K-Medoids* (Park & Jun, 2009) memiliki kinerja lebih baik dibandingkan K-Means serta lebih efisien waktu dibandingkan *Partitioning Around Medoids* (PAM). Mereka juga mengembangkan *Simple K-Medoids* (SKM, Budiaji & Leisch, 2019) yang memperbaiki SFKM dengan memanfaatkan berbagai metode perhitungan jarak, seperti Gower, Wishart, Podani, Huang, dan Harikumar-PV. Uji coba menggunakan data nyata maupun buatan menunjukkan bahwa SKM memberikan hasil lebih baik daripada SFKM, terutama dengan inisialisasi medoid awal menggunakan parameter *seeding* (s). Selanjutnya, Kariyam dkk. (2022) mengusulkan algoritma baru bernama *Flexible K-Medoids* (FKM) *Partitioning Method* yang terdiri dari dua tahap yaitu pemilihan medoid awal dan partisi himpunan data. Medoid awal dipilih berdasarkan representasi blok dari kombinasi jumlah data dan simpangan baku. Proses ini memungkinkan pemisahan objek berdasarkan perbedaan nilai variabel meskipun variansnya sama. Pendekatan ini juga mencegah munculnya klaster kosong yang mungkin terjadi pada SFKM dan mengatasi masalah objek identik yang terletak pada klaster awal berbeda seperti pada SKM. Sementara itu, *Block-KM* diperkenalkan sebagai pengembangan lebih lanjut dari FKM untuk mengurangi jumlah iterasi (Kariyam dkk., 2022). Pada algoritma ini, medoid diperbarui berdasarkan objek yang dapat meminimalkan jarak rata-rata dengan anggota lain dalam satu klaster. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Block-KM lebih efisien dibandingkan SFKM maupun FKM. Lebih lanjut, Kariyam dkk. (2023) memperkenalkan *Deviation Ratio Index based on K-Medoid* (DRIM) sebagai indikator untuk menentukan jumlah klaster optimal. Indeks ini dihitung berdasarkan matriks jarak, sehingga dapat diaplikasikan secara fleksibel pada berbagai jenis skala data.

Penelitian ini mengusulkan pendekatan pengelompokan ruas jalan di Kabupaten Bantul berdasarkan tiga jenis kerusakan dengan memanfaatkan indikator kerusakan jalan sebagai dasar analisis. Sepengetahuan peneliti, topik ini masih jarang diteliti secara mendalam di tingkat daerah. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan metode partisi *Block-Based K-Medoids* (Block-KM) untuk pengelompokan ruas jalan. Keunggulan Block-KM adalah kemampuannya dalam mengatasi objek identik sehingga ruas jalan dengan karakteristik kerusakan yang sama dapat diwakili secara lebih tepat dalam proses klasterisasi. Perbedaan penting dari penelitian

ini dibanding studi sebelumnya juga terletak pada penggunaan empat kriteria penentuan cacah kelompok, yaitu kriteria *Deviation Ratio Index based on K-Medoid* (DRIM), *Variance Ratio Criterion* (VRC), Statistik *Silhouette* dan indeks Krzanowski-Lai.

METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian ini diawali dengan perencanaan, yaitu identifikasi masalah, kajian pustaka, dan perumusan masalah. Pengumpulan data kerusakan jalan di lakukan di lima kecamatan di Kabupaten Bantul, yaitu Kecamatan Kasihan, Sewon, Banguntapan, Jetis dan Piyungan. Selanjutnya, tahap pra-pemrosesan data terdiri atas pemeriksaan *missing value*, *outlier*, dan transformasi. Jumlah klaster optimal ditentukan dengan beberapa metode evaluasi seperti *Deviation Ratio Index based-on Medoids (DRIM)*, *Variance Ratio Criterion (VRC)*, Statistik *Silhouette*, dan Indeks Krzanowski-Lai. Metode partisi yang digunakan untuk pengelompokan ruas jalan adalah metode *Block-based K-Medoids*. Tahapan terakhir adalah dilakukan profiling setiap klaster guna menggambarkan kondisi masing-masing kelompok, sehingga hasil penelitian dapat dimanfaatkan dalam perencanaan perbaikan jalan di Kabupaten Bantul.

1. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini penentuan ukuran sampel ditentukan dengan teknik sampling seperti persamaan (1) dan (2)

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}} \quad (1)$$

dengan

$$n_0 = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}{e^2} \quad (2)$$

Dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 5%, proporsi kerusakan jalan ringan dan berat sebesar 35,33%, ukuran ketidaktepatan estimasi statistik sampel terhadap parameter populasi sebesar 10%, dan ukuran populasi sebanyak 376 ruas jalan, maka ukuran sampel yang diambil adalah sebagai berikut,

$$n_0 = \frac{(1.96)^2 (0.3533) (0.6467)}{(0.1)^2} \sim 88$$

sehingga diperoleh ukuran sampel minimal sebanyak

$$n = \frac{88}{1 + \frac{88 - 1}{376}} \sim 72.$$

sehingga diperoleh ukuran sampel minimal sebanyak 72 ruas jalan, dan dalam penelitian ini diambil sebanyak 76 ruas jalan pada lima kecamatan di Kabupaten Bantul.

2. Standardisasi Data

Ukuran penyebaran data yang paling sederhana adalah rentang (*range*) dan biasanya dinotasikan dengan R , yang didefinisikan sebagai selisih data terbesar dengan data terkecil. Rentang data untuk suatu variabel ke- i yang terdiri atas n_l objek adalah selisih antara nilai maksimum dengan nilai minimum dari objek *non missing* sebagaimana persamaan (3),

$$R_i = x_{nl} - x_{nl}. \quad (3)$$

Jika ditemukan beberapa variabel dengan rentang data yang mempunyai perbedaan ekstrim, maka dapat dilakukan transformasi untuk standarisasi data. Transformasi data bertipe interval dan rasio untuk objek ke- i variabel ke- j yang biasa digunakan adalah sebagaimana persamaan (4),

$$Z_{il} = \frac{x_{il} - x_{nl}}{R_i}, \quad (4)$$

Ukuran jarak Manhattan untuk objek ke- i dan objek ke- j berdimensi p untuk data metrik ataupun data hasil standardisasi direpresentasikan sebagaimana persamaan (5),

$$D(x_i, x_j) = \sum_{l=1}^p |x_{il} - x_{jl}|. \quad (5)$$

3. Metode Partisi Block-based K-Medoids

Metode partisi Block-based K-Medoids (Block-KM) adalah satu metode pengelompokan berbasis partisi yang terdiri atas dua tahap, yaitu penentuan medoid awal dan

Tahap 1: Penentuan *medoid* awal berbasis blok objek

- 1-1. Untuk setiap objek, dilakukan perhitungan dua indikator yaitu jumlah data dan standar deviasi pada variabel,

$$w_i = \sum_{l=1}^p x_{il}, \quad (6)$$

dan

$$u_i = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^p (x_{il} - \underline{x}_i)^2}{p-1}},$$

dengan

$$\underline{x}_i = \frac{w_i}{p}.$$

- 1-2. Mengurutkan objek berdasarkan harga secara menaik dari nilai paling kecil sampai paling besar. Untuk objek-objek yang mempunyai nilai yang sama (jika ada), maka blok objek dengan nilai yang sama, diurutkan kembali secara menaik dari paling kecil sampai paling besar berdasarkan nilai, sehingga diperoleh sebanyak k blok objek yang mempunyai struktur nilai yang sama dan nilai yang sama.

- 1-3. Untuk blok pertama dari blok hasil langkah 1-2, dipilih medoid awal secara random dari setiap blok, dengan asumsi
- 1-4. Menggunakan medoid awal untuk menentukan anggota kelompok awal berdasarkan jarak objek ke medoid awal terdekat.

Tahap 2: Mendapatkan partisi himpunan data

- 2-1. Perbaharui medoid dalam setiap grup berdasarkan pada objek yang mempunyai minimal jumlah jarak (atau ekuivalen dengan rata-rata jarak) dengan anggota lain dalam grup, sebagaimana persamaan (8)

$$\text{medoid}(G) := \sum_{x_j \in G} D(x_j, x_i). \quad (8)$$

- 2-2. Konstruksikan kelompok dengan menandai setiap objek ke medoid baru terdekat dan hitunglah total deviasi dalam kelompok, seperti persamaan (9)

$$SDW(k) = \sum_{g=1}^k \sum_{i=1}^{n_g} D(x_{gi}, m_g), \quad (9)$$

dengan x_{gi} ($g = 1, 2, \dots, k; i = 1, 2, \dots, n_g$) adalah objek x_i berdimensi p dalam grup ke- g , n_g adalah cacah objek dalam grup ke- g , dan m_g adalah medoid berdimensi p untuk grup ke- g yang memuat objek x_i .

- 2-3. Ulangi langkah 2-1 dan 2-2 sampai sama dengan satu langkah sebelumnya atau himpunan medoid tidak berubah atau sejumlah iterasi yang ditentukan sebelumnya telah tercapai.

4. Kriteria Estimasi Cacah Kelompok

Salah satu masalah krusial dalam analisis kelompok adalah menentukan optimal cacah kelompok. Dalam penelitian ini digunakan lima kriteria yaitu Deviation Ratio Index based on Medoids (DRIM), Variance Ratio Criterion (VRC), Indek Kzranowski-Lai, dan Statistik Silhouette. Garis besar kriteria DRIM ditentukan sebagai berikut (Kariyam dkk., 2023).

- (i) Menentukan medoid akhir setiap kelompok dengan ukuran cacah grup tertentu;
- (ii) Menghitung jumlah deviasi (atau ekuivalen dengan jarak) dalam kelompok atau *Sum of Deviation Within-group* seperti persamaan (9);
- (iii) Menghitung jumlah deviasi (atau ekuivalen dengan jarak) semua objek ke medoid grup lain, (selain medoid grup yang memuat objek) atau *Sum of Deviation Between-group*, dirumuskan sebagaimana persamaan (10)

(10)

$$DB(k) = \sum_{\text{all } x_i} \sum_{\text{all } m_{g'}, m_{g'} \neq m_g} D(x_i, m_{g'}) \quad (4.1)$$

dengan m_g adalah medoid kelompok yang memuat objek x_i , dan $m_{g'}$ adalah medoid kelompok lain yang tidak memuat objek x_i ;

- (iv) Menghitung rasio deviasi untuk kelompok atau *Deviation Ratio*, , yang dirumuskan sebagaimana persamaan (11)

$$DR(k) = \frac{SDW(k)/(n - k)}{SDB(k)/(k - 1)}. \quad (11)$$

Rousseeuw pada tahun 1986 (dipublikasikan tahun 1987) juga mengusulkan statistik *Silhouette* untuk menentukan cacah kelompok sekaligus mengevaluasi kualitas internal hasil pengelompokan yang cukup populer dan banyak digunakan. Statistik *Silhouette* dirumuskan sebagaimana persamaan (12)

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}}, \quad (12)$$

dengan $a(i)$ menyatakan rata-rata ketaksamaan objek i ke semua anggota kelompok dalam grup, dan $b(i)$ menyatakan minimum rata-rata ketaksamaan objek i ke anggota kelompok lain. Optimal cacah kelompok ditentukan berdasarkan ukuran kelompok yang menghasilkan rata-rata statistik *Silhouette* terbesar setelah dicobakan pada beberapa ukuran kelompok.

Krzanowski dan Lai (1988) mengusulkan indeks untuk menentukan cacah kelompok yang didefinisikan sebagaimana persamaan (13)

$$DIFF(k) = (k - 1)^{2/p} \text{tr}(W_{k+1}) - k^{2/p} \text{tr}(W_k), \quad (13)$$

dengan p menyatakan cacah variabel dan $DIFF(k)$ menyatakan *different* atau perbedaan kelompok ke- k . Harga k dipilih yang memperbesar kuantitas

$$KL(k) = \left| \frac{DIFF(k)}{DIFF(k+1)} \right|. \quad (14)$$

Calinski–Harabaz, (1974) merumuskan indeks penentuan optimal cacah kelompok untuk data numerik sebagaimana persamaan (15)

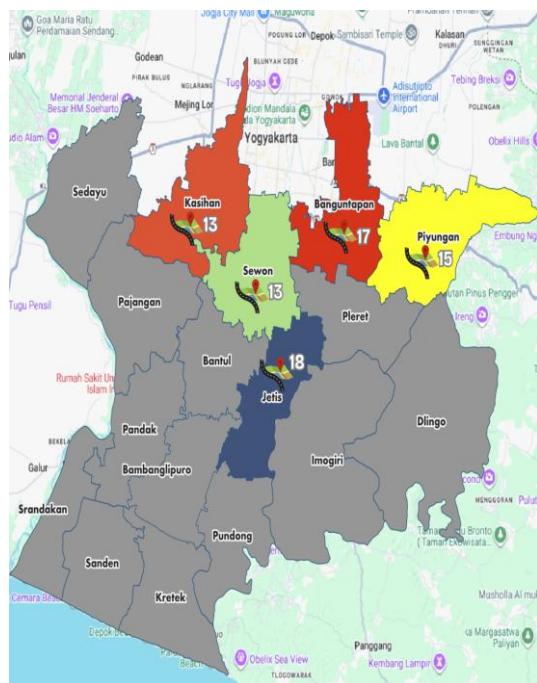
$$CH(k) = \frac{\text{tr}(B_k)/(k-1)}{\text{tr}(W_k)/(n-k)}. \quad (15)$$

Ukuran homogenitas dan heterogenitas kelompok untuk data selain numerik secara umum diturunkan dari jarak antar objek dalam kelompok dan jarak antar objek dengan kelompok lain. Penggunaan jarak ini menjadikan indeks lebih fleksibel diterapkan pada data kategorik, numerik ataupun campuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Data

Gambar 1 menunjukkan peta sebaran pengambilan data primer tentang kerusakan jalan di Kabupaten Bantul. Sebanyak 18 ruas jalan diambil di Kecamatan Jetis, di Kecamatan Banguntapan sebanyak 17 ruas, dan Kecamatan Piyungan sebanyak 15 ruas. Sementara itu di Kecamatan Kasihan dan Sewon masing-masing diambil 13 ruas jalan. Pada setiap ruas jalan diambil sejumlah sampel foto ruas jalan yang menunjukkan jenis kerusakan tertentu.



Gambar 1. Peta Sebaran Pengambilan Ruas Jalan Data Jenis Kerusakan Jalan

Gambar 2 menunjukkan tiga contoh jenis kerusakan jalan yang menjadi variabel dalam penelitian ini, yaitu (a) *Alligator*, (b) *Corrugation*, dan (c) *Pothole*.



(a) Kerusakan *Alligator*

(b) Kerusakan *Corrugation*

(c) Kerusakan *Pothole*

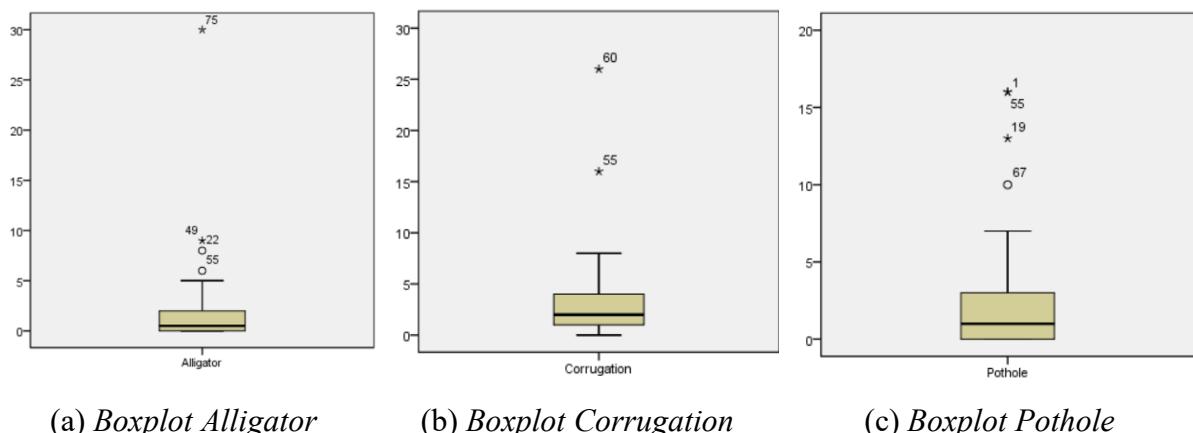
Gambar 2. Contoh Jenis Kerusakan Jalan

Kerusakan *alligator* ditandai dengan pola retakan yang saling berhubungan menyerupai kulit buaya. Retakan tersebut biasanya muncul akibat beban berulang dari kendaraan yang

melewati permukaan jalan, sehingga mengurangi daya dukung perkerasan. Kerusakan *corrugation* pada permukaan jalan tampak seperti retak memanjang. Kerusakan ini biasanya terjadi karena kualitas material yang kurang baik, kepadatan yang tidak merata, atau akibat gesekan kendaraan yang terus-menerus. Kondisi ini dapat menimbulkan ketidaknyamanan bagi pengguna jalan serta meningkatkan risiko kecelakaan. Sedangkan *pothole* atau lubang pada jalan berbentuk cekungan yang terbentuk akibat pengelupasan lapisan permukaan. Lubang ini muncul karena adanya genangan air yang meresap ke dalam retakan, kemudian memperlemah ikatan antar agregat hingga lapisan jalan terlepas. *Pothole* merupakan salah satu kerusakan jalan yang paling berbahaya karena dapat merusak kendaraan dan mengancam keselamatan pengguna jalan.

2. Pra-pemrosesan dan estimasi jumlah cluster

Sebelum dilakukan analisis lebih lanjut terhadap hasil clustering, terlebih dahulu perlu diketahui gambaran umum distribusi kerusakan jalan pada setiap jenis kerusakan. Visualisasi menggunakan *boxplot* memberikan informasi mengenai sebaran data, nilai median, serta adanya ruas jalan dengan tingkat kerusakan ekstrem (*outlier*). Dengan demikian, *boxplot* ini dapat membantu memahami perbedaan karakteristik kerusakan pada setiap kategori, yaitu *alligator*, *corrugation*, dan *pothole*.



Gambar 3. Boxplot Jumlah Jenis Kerusakan Jalan di Tiap Ruas Jalan

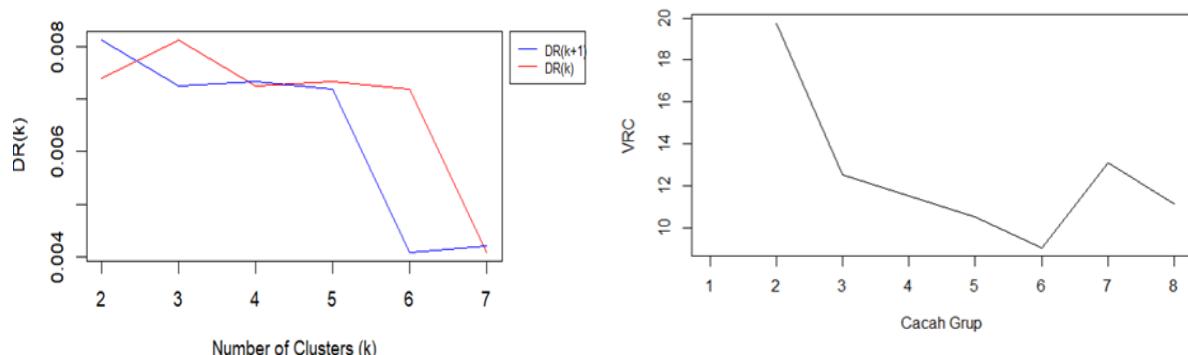
Berdasarkan hasil *boxplot*, ketiga jenis kerusakan jalan pada gambar 4 (a) *alligator*, (b) *corrugation*, dan (c) *pothole*, umumnya memiliki tingkat kerusakan yang rendah dengan median mendekati nol. Namun, terlihat adanya beberapa outlier yang menandakan ruas jalan tertentu mengalami kerusakan jauh lebih tinggi dari kondisi normal. Kerusakan *corrugation* dan *pothole* menunjukkan variasi yang lebih lebar dibandingkan *alligator*, dengan beberapa ruas jalan memiliki tingkat kerusakan ekstrem. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun

sebagian besar ruas jalan relatif terkendali, terdapat ruas-ruas tertentu yang membutuhkan perhatian khusus dalam penanganan karena intensitas kerusakannya jauh lebih parah dibandingkan mayoritas. Karena adanya *outlier* tersebut, maka diperlukan proses transformasi data untuk menormalkan skala dan mengurangi dominasi nilai ekstrim. Dalam penelitian ini digunakan metode *Min-Max*, sebagaimana ditunjukkan pada persamaan (4).

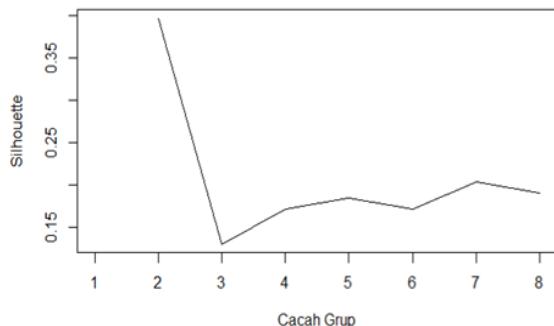
3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini untuk melakukan pengelompokan ruas jalan digunakan metode *Block-based K-Medoids* (*Block-KM*) dengan menggunakan jarak Manhatten seperti persamaan (5) dari data yang telah distandarisasi. Data yang dianalisis mencakup 76 ruas jalan dengan tiga variabel utama yang merepresentasikan jumlah kerusakan, yaitu *alligator*, *corrugation*, dan *pothole*. Dengan metode partisi *Block-KM*, berdasarkan gambar 5(a) kriteria DRIM untuk ukuran grup terkecil sehingga nilai $DR(k+1)$ lebih dari $DR(k)$ dicapai untuk grup berukuran dua, sehingga grup yang sebaiknya dibentuk adalah dua grup. Selanjutnya dengan menggunakan gambar 5(b) VRC dan gambar 5(c) Silhouette keduanya mencapai tertinggi pada ukuran grup dua. VRC digunakan untuk membandingkan varians antar-klaster dengan varians dalam klaster.

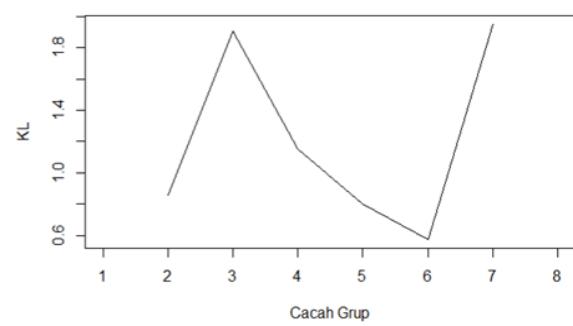
Grafik VRC memperlihatkan nilai tertinggi pada $k = 2$, yaitu sekitar 20, dan nilainya menurun secara signifikan yang menandakan bahwa pembagian menjadi lebih dari dua klaster tidak menambah kejelasan struktur data. Pada grafik Silhouette, nilai tertinggi terdapat pada $k = 2$, dengan nilai sekitar 0,35. Nilai ini menurun drastis setelah $k > 2$. Hal ini menunjukkan bahwa pemisahan paling baik terjadi saat data dikelompokkan ke dalam dua klaster, karena objek dalam masing-masing klaster relatif homogen. Sementara itu gambar 5(d) Indeks Kranowski-Lai (KL) tertinggi di tiga dan tujuh grup, sehingga relatif berbeda dengan tiga kriteria yang lain. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa 76 ruas jalan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok.



(a) Kriteria DRIM



(b) Kriteria VRC



(c) Kriteria Silhouette

(d) Kriteria Kzranowski-Lai (KL)

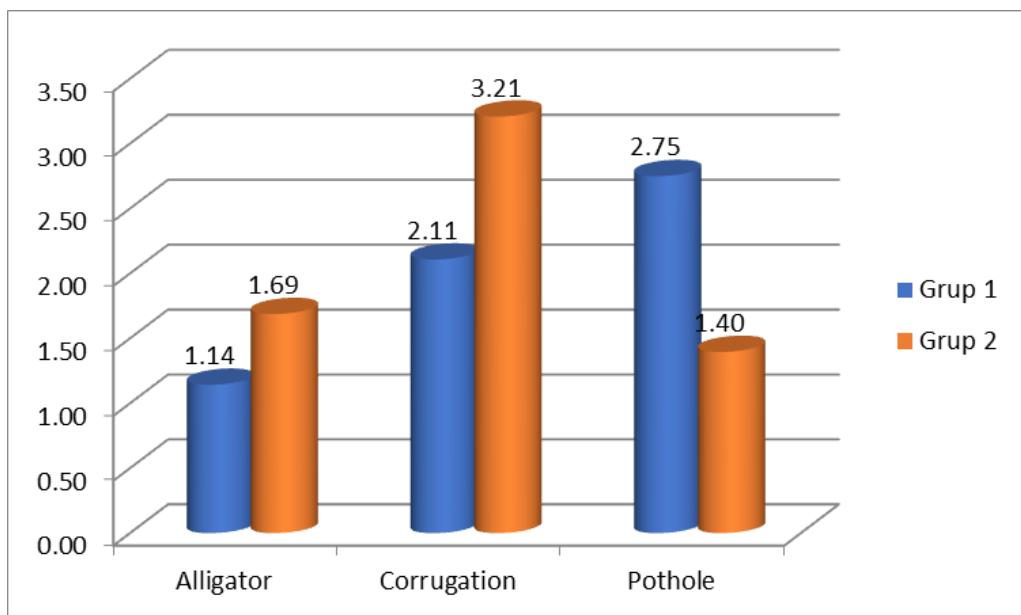
Gambar 4. Indeks Validasi Penentuan Jumlah Klaster

Jumlah anggota setiap grup dan distribusi jumlah ruas jalan yang termasuk dalam setiap grup, sebagaimana tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Keanggotaan Klaster

Grup	Anggota Klaster	Total
1	Sepuluh ruas jalan di Kecamatan Kasihan, Empat ruas jalan di Kecamatan Sewon, Empat ruas jalan di Kecamatan Banguntapan, Sembilan ruas jalan di Kecamatan Jetis, dan Satu ruas jalan di Kecamatan Piyungan.	28
2	Tiga ruas jalan di Kecamatan Kasihan, Sembilan ruas jalan di Kecamatan Sewon, Tigabelas ruas jalan di Kecamatan Banguntapan, Sembilan ruas jalan di Kecamatan Jetis, dan Empatbelas ruas jalan di Kecamatan Piyungan.	48

Berdasarkan anggota kelompok seperti pada tabel 1, maka profil setiap kerusakan jalan di masing-masing grup adalah seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Profil Rata-rata Jumlah Kerusakan Jalan di Dua Grup

Berdasarkan anggota grup pertama yang mencakup 28 ruas jalan (36,8%), dan Gambar 6, maka ada kecenderungan kerusakan berupa *pothole*. Ruas jalan di kelompok pertama mempunyai resiko lebih tinggi, dalam arti kerusakan jalan berlubang lebih berbahaya bagi keselamatan dan kenyamanan pengendara. Sedangkan Grup 2 mencakup 48 ruas jalan (63,2%) dengan karakteristik kerusakan retak memanjang dan kulit buaya yang relatif lebih banyak. Meskipun kedua jenis kerusakan ini memiliki resiko yang tidak sebesar kerusakan *pothole*, namun dapat mengganggu kenyamanan pengendara. Oleh karena itu ruas jalan di kelompok pertama menjadi prioritas perbaikan, sementara untuk ruas jalan di kelompok dua diperlukan strategi pemeliharaan jalan secara lebih efisien dan tepat sasaran.

KESIMPULAN

Pengelompokan 76 ruas jalan di Kabupaten Bantul menggunakan metode partisi *Block-based K-Medoids* diperoleh kesimpulan bahwa optimal jumlah klaster adalah dua. Kelompok pertama mencakup 36,8% ruas jalan dengan dominasi kerusakan *pothole* yang berisiko tinggi terhadap keselamatan pengguna jalan sehingga menjadi prioritas utama perbaikan. Klaster kedua terdiri dari 48 ruas jalan dengan dominasi kerusakan *alligator* dan *corrugation* yang berpengaruh pada kenyamanan berkendara, sehingga diperlukan strategi pemeliharaan yang berkelanjutan. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam merumuskan strategi penanganan jalan yang lebih tepat sasaran serta mendukung kebijakan pemeliharaan infrastruktur secara efektif. Pada penelitian lebih lanjut disarankan untuk menambah jumlah

data yang diambil di setiap ruas jalan, termasuk menambah jenis kerusakan jalan ataupun tipe tanah sebagai landasan ruas jalan tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Islam Indonesia (UII) atas dukungan dana penelitian yang telah diberikan, sebagaimana tercantum dalam surat perjanjian penelitian No. 004/DPPM/70/Pen.Ungulan/IV/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiah, F., Almadayani, A., Al Farizi, D., & Widodo, E. (2022). Analisis clustering K-Medoids berdasarkan indikator kemiskinan di Jawa Timur tahun 2020. *Jurnal Ilmiah Sains*, 22(1), 1–7.
- Alodia, D. A., Fialine, A. P., Endriani, D., & Widodo, E. (2021). Implementasi metode K-Medoids clustering untuk pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan indikator pendidikan. *Sepren*, 2(2), 1–13.
- Arifandi, M., Hermawan, A., Hermawan, A., Avianto, D., & Avianto, D. (2021). Implementasi algoritma K-Medoids untuk clustering wilayah terinfeksi kasus COVID-19 di DKI Jakarta. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 7(2), 120-128.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Buku kondisi jalan nasional 2023 semester I*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Budiaji, W., & Leisch, F. (2019). Simple k-medoids partitioning algorithm for mixed variable data. *Algorithms*, 12(9), 1–15.
- Doi, M. D., Rusgiyono, A., & Wuryandari, T. (2023). Analisis K-Medoids dengan validasi indeks pada IPM daerah 3T di Indonesia. *Jurnal Gaussian*, 12(2), 178–188.
- Fajriana. (2021). Analisis algoritma K-Medoids pada sistem klasterisasi produksi perikanan tangkap Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 7(2), 263–269
- Kariyam, Abdurakhman, & Effendie, A. R. (2023). A medoid-based deviation ratio index to determine the number of clusters in a dataset. *MethodsX*, 10, Article 102084.
- Kariyam, Abdurakhman, Subanar, & Utami, H. (2022). The initialization of flexible K-Medoids partitioning method using a combination of deviation and sum of variable values. *Mathematics and Statistics*, 10(5), 895–908.

- Kariyam, Abdurakhman, Subanar, Utami, H., & Effendie, A. R. (2022). Block-based K-Medoids partitioning method with standardized data to improve clustering accuracy. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 9(6), 1613–1621.
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (1990). *Finding groups in data: An introduction to cluster analysis*. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-73578-7
- Karim, Abdurakhman, Lesmini, L., Sunarta, D. A., Suparma, A., Yunus, A. I., Khasanah, M., Marlita, D., Saksono, H., Asniar, N., & Andari, T. (2024). Manajemen transportasi. In *Yayasan Cendikia Mulia Mandiri*.
- Krzanowski, W. J., & Lai, Y. T. (1988). A criterion for determining the number of groups in a data set using sum of squares clustering. *Biometrics*, 44(1), 23-34.
- Kurniawati, R. A., Salsabila, T. I., Hawa, P. N., & Deffinika, I. (2022). Pengaruh jenis permukaan dan kondisi jalan terhadap tingkat kecelakaan lalu lintas di Kota Batu. *Jurnal Transportasi*, 22(2), 155–162.
- Luzan, I. F., Rahmawati, A., & Adly, E. (2023). Analisis kondisi kerusakan jalan pada lapis permukaan menggunakan metode Pavement Condition Index (studi kasus: Jalan Siluk Panggang, Imogiri Barat, Bantul, Yogyakarta).
- Nabawi, I., Imron, Wahidin, Diantoro, W., & Feriska, Y. (2021). Analisis dampak kerusakan jalan terhadap pengguna jalan dan lingkungan di ruas jalan Pebatan–Rengaspendawa Brebes. *Infratech Building Journal (IJB)*, 2(1), 28–34.
- Park, H.-S., & Jun, C.-H. (2009). A simple and fast algorithm for K-medoids clustering. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 3336–3341
- Rasidia, F., Goejantoro, R., & Fathurahman, M. (2025). Analisis klaster menggunakan metode average linkage dengan validasi multiscale bootstrap (studi kasus: indikator pendidikan di Indonesia tahun 2021). *Jurnal Eksponensial*, 16(1), 23–31.
- Ruben, A., Asnawi, E., & Oktapani, S. (2024). Implementasi tanggung jawab pemerintah terhadap pemeliharaan jalan di Kabupaten Bengkalis berdasarkan Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan. *Collegium Studiosum Journal*, 7(1), 142–157.
- Sukma, I. B., & Kabdiyono, E. A. (2025). Analisis dampak kerusakan jalan terhadap pengguna jalan dan lingkungan di Jalan D.I. Panjairan, Jakarta Timur. *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(4), 1430–1449.