

PENENTUAN LOKASI PELAYANAN TERA DI KAPANEWON PATUK MENGUNAKAN ALGORITME *K-MEANS CLUSTERING*

DETERMINATION OF TERA SERVICE LOCATION IN KAPANEWON PATUK USING K-MEANS CLUSTERING ALGORITHM

Andra Permana

UPT Metrologi Legal Dinas Perdagangan Kabupaten Gunungkidul

Koresponding email : *andrapermana389@gmail.com*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi strategis pelayanan tera di Kapanewon Patuk dengan menggunakan Algoritme *K-Means Clustering* dan pendekatan Metode Elbow. Hal ini didasarkan pada tidak adanya pasar negeri di Patuk, sehingga pelayanan sidang tera pasar belum dilakukan di wilayah tersebut. Metode penelitian meliputi pengumpulan data sekunder dari UPT Metrologi Legal Kabupaten Gunungkidul dengan teknik total sampling yang mencakup nama, garis lintang, dan bujur wajib tera. Data kemudian dianalisis menggunakan Metode Elbow untuk menentukan jumlah *cluster* optimal dan *K-Means Clustering* untuk membagi lokasi target wajib tera. Keakuratan lokasi *centroid* diuji dengan membandingkan distribusi wajib tera terhadap titik hasil *clustering*. Visualisasi data dilakukan menggunakan peta digital. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah *cluster* optimal adalah tiga, dengan lokasi *centroid* sebagai pusat *stand* pelayanan tera keliling di Bunder, Ngoro-oro, dan Salam. Lokasi ini dipilih karena berada di tengah distribusi wajib tera, sehingga dapat meningkatkan aksesibilitas dan efisiensi layanan.

Kata Kunci : Tera Ulang, *K-Means Clustering*, Penentuan Lokasi

ABSTRACT

This study aims to determine the strategic locations for verification services in Kapanewon Patuk using the K-Means Clustering Algorithm and the Elbow Method approach. This is based on the absence of a state market in Patuk, resulting in the absence of market verification services in the area. The research method includes the collection of secondary data from the Legal Metrology Unit of Gunungkidul Regency using a total sampling technique, which covers the name, latitude, and longitude of verification subjects.. The data were analyzed using the Elbow Method to determine the optimal number of clusters and K-Means Clustering to segment the mandatory verification targets. The accuracy of the centroid locations was tested by comparing the distribution of mandatory verification locations with the clustering results. Data visualization was performed using digital maps. The study results indicate that the optimal number of clusters is three, with centroid locations serving as mobile verification service stands in Bunder, Ngoro-oro, and Salam. These locations were chosen because they are centrally positioned within the distribution of mandatory verification locations, enhancing service accessibility and efficiency.

Keywords: Reverification, *K-Means Clustering*, Location Determination

PENDAHULUAN

Metrologi legal merupakan salah satu aspek penting dalam sistem perdagangan dan perlindungan konsumen. Metrologi legal berperan dalam hal memastikan keakuratan alat ukur yang digunakan dalam transaksi (OIML, 2019). Salah satu bentuk implementasinya yakni dalam pelayanan tera dan tera ulang alat ukur, takar, timbang, dan perlengkapannya (UTTP). Melalui pelayanan tera/tera ulang, kebenaran hasil pengukuran yang dilakukan oleh pelaku usaha maupun instansi terkait menjadi terjamin (Sutrisno et al., 2021). Penentuan lokasi pelayanan tera ulang yang strategis akan menjadi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan aksesibilitas layanan bagi pelaku usaha sebagai wajib tera. Penentuan lokasi tersebut diperlukan terutama di daerah yang belum memiliki fasilitas tetap seperti pasar yang digunakan sebagai lokasi pelayanan sidang tera/tera ulang. Padahal dengan adanya pasar sebagai tempat berkumpulnya pedagang, peluang keberhasilan program pelayanan tera ulang menjadi lebih besar karena perolehan UTTP yang diterima semakin banyak.

Kapanewon Patuk, Kabupaten Gunungkidul, merupakan wilayah yang hingga saat ini belum memiliki pasar negeri. Disebabkan tempat melakukan kegiatan sidang tera/tera ulang biasanya berada di pasar-pasar negeri masing-masing kapanewon, akibatnya UPT Metrologi Legal Kabupaten Gunungkidul belum melaksanakan sidang tera/tera ulang pasar di wilayah Patuk. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pendekatan berbasis analisis spasial dapat digunakan untuk menentukan lokasi optimal dalam pelayanan publik (Rahmawati & Nugroho, 2020). Salah satu metode yang sering digunakan dalam analisis spasial adalah algoritme *clustering*, yang memungkinkan pengelompokan titik-titik data berdasarkan kedekatan geografis (Santoso et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan algoritme *K-Means Clustering* dengan pendekatan Metode Elbow untuk menentukan lokasi strategis pelayanan tera ulang di Kapanewon Patuk.

Permasalahan utama yang dihadapi dalam pelayanan tera ulang di Kapanewon Patuk yakni tidak adanya pasar negeri yang dapat dijadikan sebagai pusat pelayanan tera/tera ulang. Tanpa adanya lokasi yang strategis, jangkauan pelayanan tera ulang menjadi tidak merata, sehingga menyulitkan wajib tera dalam memenuhi kewajibannya. Selain itu, keterbatasan sumber daya dan efisiensi operasional menjadi tantangan tersendiri bagi UPT Metrologi Legal Kabupaten Gunungkidul dalam memberikan layanan yang optimal.

Sebaran wajib tera di Kapanewon Patuk yang tidak merata memerlukan pendekatan berbasis data untuk menentukan lokasi pelayanan yang dapat menjangkau wajib tera secara efektif. Algoritme *K-Means Clustering* dapat digunakan untuk mengelompokkan titik-titik lokasi wajib tera (Putri & Prasetyo, 2022), sementara Metode Elbow digunakan untuk menentukan jumlah *cluster* yang optimal dalam membagi target wajib tera yang dituju (Hossain & Roy, 2023). Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan lokasi-lokasi strategis yang dapat dijadikan titik pelayanan tera ulang keliling di Kapanewon Patuk.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi strategis pelayanan tera ulang di Kapanewon Patuk menggunakan algoritme *K-Means Clustering* dengan pendekatan Metode Elbow. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi lokasi yang optimal bagi UPT Metrologi Legal Kabupaten Gunungkidul dalam mendirikan *stand* pelayanan tera ulang keliling, sehingga layanan dapat lebih merata dan efisien.

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi UPT Metrologi Legal: Memberikan dasar ilmiah dalam penentuan lokasi pelayanan tera ulang yang lebih efektif.

2. Bagi Wajib Tera: Memudahkan akses terhadap layanan tera ulang dengan lokasi yang lebih strategis.
3. Bagi Penelitian Selanjutnya: Menjadi referensi dalam penerapan metode *clustering* untuk optimasi layanan publik berbasis spasial.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan sistem pelayanan tera ulang di Kapanewon Patuk dapat lebih terstruktur dan mendukung peningkatan kepatuhan wajib tera.

METODE PENELITIAN

1. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari UPT Metrologi Legal Kabupaten Gunungkidul. Data tersebut berisi informasi sebaran 426 lokasi wajib tera di Kapanewon Patuk Tahun 2016 dalam format *Excel* dengan tiga kolom utama berupa nama wajib tera, *longitude*, dan *latitude*. Data ini kemudian diolah menggunakan bahasa pemrograman *Python* di *Jupyter Notebook*.

Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik total sampling, yaitu dengan mengambil seluruh data wajib tera yang terdaftar di Kapanewon Patuk. Teknik ini dipilih karena dengan menggunakan program *Jupyter Notebook* jumlah populasi yang tersedia cukup terjangkau untuk diproses secara keseluruhan tanpa perlu dilakukan sampling acak. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah menggunakan algoritme *K-Means Clustering* dengan pendekatan Metode Elbow untuk menentukan jumlah *cluster* optimal (nilai *k*).

2. Metode Pengolahan dan Analisis Data

a. Penentuan Jumlah *Cluster* Optimal dengan Metode Elbow

Pada penentuan jumlah *cluster* optimal *k*, digunakan Metode Elbow. Metode ini digunakan dengan mencari nilai *k* ketika penurunan *inertia* (variansi dalam *cluster*) mulai melambat. *Inertia* dihitung menggunakan persamaan *Within-Cluster Sum of Squares* (1).

$$WCSS = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in C_i} \|x - \mu_i\|^2 \quad (1)$$

dengan

WCSS : total jarak kuadrat antara titik data dan *centroid cluster* ke-*i*,

k : jumlah *cluster* yang digunakan,

x : titik data,

C_i : *cluster* ke-*i*, dan

μ_i : *centroid cluster* ke-*i*.

Kemudian menggunakan bahasa pemrograman *Python* grafik *Elbow Method* digambarkan dalam bentuk plot untuk melihat nilai *k* terbaik, yaitu titik ketika terjadi perubahan signifikan dalam penurunan nilai *inertia*.

b. *K-Means Clustering*

K-Means adalah metode *unsupervised learning* yang digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa *cluster* berdasarkan kemiripan karakteristik. Algoritme ini bekerja dengan langkah-langkah berikut:

- 1) Menentukan jumlah klaster *k* berdasarkan hasil Metode Elbow.
- 2) Menginisialisasi *k centroid* secara acak.

- 3) Menghitung jarak setiap titik data ke *centroid* menggunakan rumus *Euclidean Distance* (2).

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

dengan

$d(i, j)$: jarak antara titik data ke *centroid*,

x_i, y_i : koordinat titik data, dan

x_j, y_j : koordinat *centroid*.

- 4) Mengelompokkan setiap titik data ke *centroid* terdekat.
5) Menghitung ulang posisi *centroid* sebagai rata-rata dari semua titik dalam *cluster* menggunakan persamaan (3).

$$C_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

dengan C_k adalah *centroid* baru untuk *cluster* k dan n adalah jumlah titik dalam *cluster*.

- 6) Mengulangi langkah 3 sampai 5 hingga *centroid* tidak berubah atau perubahan sudah minimal.

3. Metode Validasi Data

Untuk memastikan keakuratan hasil *clustering* dan lokasi *centroid* yang diperoleh, dilakukan beberapa langkah evaluasi berikut.

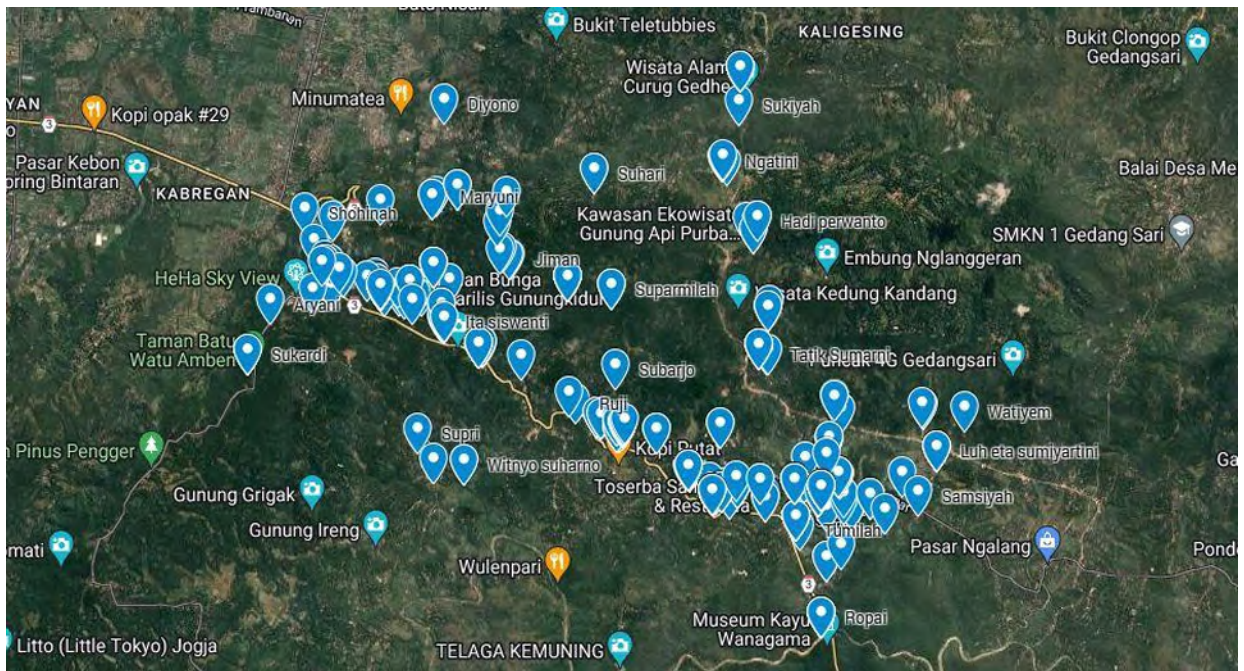
- Memastikan bahwa nilai *inertia* yang diperoleh pada persamaan (1) menunjukkan titik optimal untuk pembentukan *cluster*.
- Jika nilai *inertia* tidak menunjukkan titik siku yang jelas, dilakukan analisis tambahan untuk memastikan pemilihan k yang tepat.
- Analisis kedekatan *centroid* terhadap wajib tera dengan menghitung rata-rata jarak setiap wajib tera dalam *cluster* terhadap *centroid*-nya dengan persamaan (2).

Dengan metode ini, diharapkan lokasi strategis (*centroid*) yang diperoleh dapat digunakan secara efektif untuk pelayanan tera ulang keliling di Kapanewon Patuk.

HASIL PENELITIAN

1. Data Sebaran Wajib Tera di Kapanewon Patuk

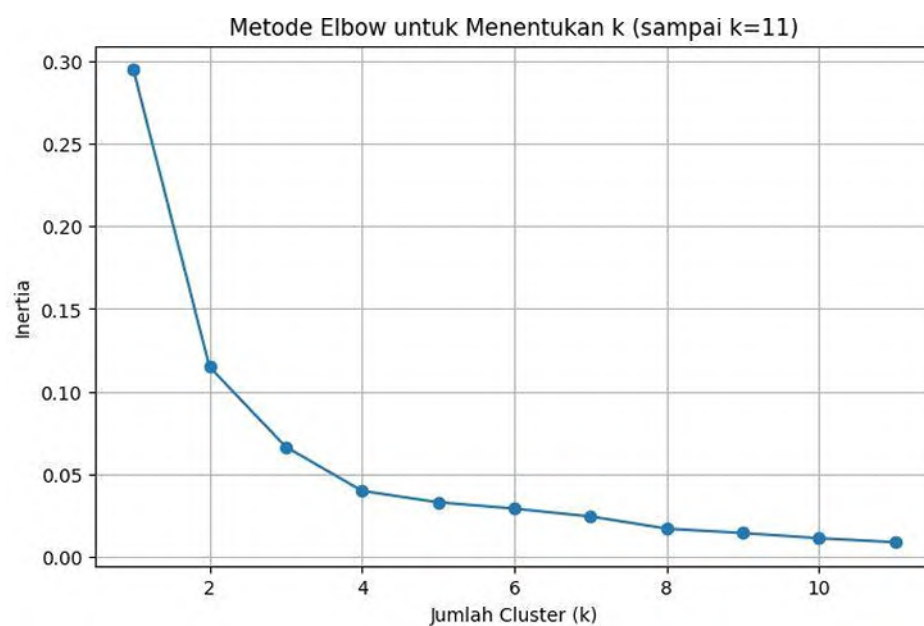
Penelitian ini menggunakan data sekunder dari UPT Metrologi Legal Kabupaten Gunungkidul yang mencatat lokasi wajib tera dalam format *longitude* dan *latitude*. Data ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta di aplikasi *MyMaps* seperti pada Gambar 1 untuk menunjukkan distribusi awal wajib tera sebelum dilakukan analisis *clustering*.



Gambar 1. Peta Sebaran Wajib Tera di Kapanewon Patuk

2. Penentuan Jumlah *Cluster* Optimal

Langkah selanjutnya menggunakan Metode Elbow untuk tentukan nilai k yang optimal. Menggunakan bantuan program *Jupyter Notebook* nilai *inertia* dihitung menggunakan persamaan (1) dengan berbagai nilai k (jumlah *cluster*) dan divisualisasikan menggunakan *Library Matplotlib* dalam Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Nilai *Inertia* untuk Berbagai Nilai k

Dari grafik Elbow di Gambar 2, titik optimal ditemukan pada $k = 3$, di mana terjadi perlambatan penurunan *inertia* (Utami, 2018). Oleh karena itu, data yang ada akan dikelompokkan menjadi 3 *cluster*.

3. Hasil *Clustering* Menggunakan K-Means

Setelah diperoleh nilai $k = 3$, kemudian diinisialisasi 3 titik *centroid* acak dan mengelompokkan tiap titik data ke dalam 3 *cluster*. Pengelompokan dilakukan dengan memasukkan titik data ke *cluster* yang memiliki jarak terdekat dengan *centroid cluster* menggunakan persamaan (2) dengan bantuan bahasa pemrograman *Python* seperti yang dijelaskan Utomo, R. A, (2018).

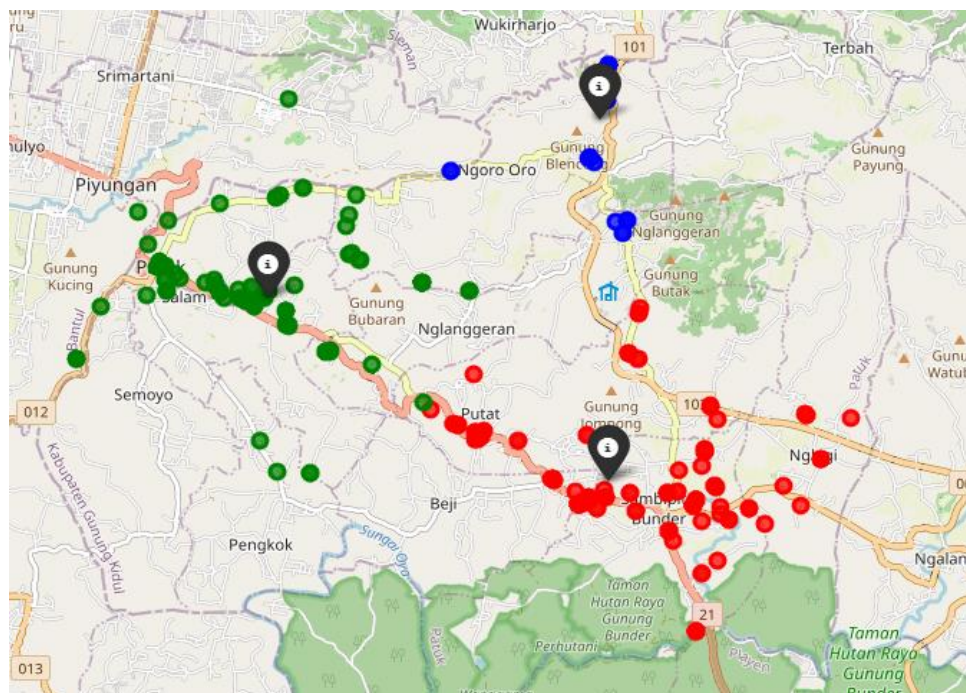
Berikutnya menghitung ulang nilai *centroid* menggunakan persamaan (3) dan mengulang pengelompokan titik data menggunakan persamaan (2) hingga diperoleh *centroid* yang konvergen ke satu titik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 (Ramadani, 2023).

Tabel 1 Koordinat *Centroid* Hasil *Clustering*

Cluster	Latitude	Longitude	Lokasi
1	-7.8740	110.5354	Bunder
2	-7.8306	110.5343	Ngoro-oro
3	-7.8519	110.4947	Salam

4. Visualisasi Hasil *Clustering*

Setelah dilakukan *clustering*, peta hasil analisis menunjukkan bahwa tiga *centroid* yang diperoleh berada di tengah-tengah distribusi wajib tera, memastikan setiap *cluster* memiliki cakupan wilayah yang optimal untuk pelayanan tera ulang. Pembagian titik lokasi wajib tera dan *centroid* tiap *cluster* ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Hasil *Clustering*

Titik berwarna merah menunjukkan lokasi wajib tera yang masuk *cluster* 1, titik berwarna biru menunjukkan lokasi wajib tera *cluster* 2, dan titik berwarna hijau menunjukkan lokasi wajib tera yang masuk *cluster* 3. Sedangkan titik berwarna hitam menunjukkan *centroid* dari masing-masing *cluster*.

PEMBAHASAN

1. Interpretasi Hasil *Clustering*

Hasil dari penerapan Algoritme *K-Means Clustering* dengan pendekatan Metode Elbow menunjukkan bahwa jumlah *cluster* optimal untuk menentukan lokasi pelayanan tera di Kapanewon Patuk adalah tiga *cluster*. Pemilihan tiga *cluster* ini didasarkan pada analisis grafik Elbow, di mana terjadi perubahan signifikan dalam nilai *inertia* pada $k = 3$ sebelum mengalami penurunan yang semakin kecil.

Setelah diterapkan Algoritme *K-Means*, diperoleh tiga *centroid* yang mewakili lokasi strategis pelayanan tera (Chen et al., 2020), yaitu:

1. Bunder
2. Ngoro-oro
3. Salam

Lokasi ini dipilih karena berada di titik tengah distribusi wajib tera, sehingga dapat memberikan akses layanan yang lebih merata kepada konsumen di Kapanewon Patuk.

2. Analisis Keakuratan dan Keefektifan Lokasi *Centroid*

Keakuratan lokasi *centroid* diuji dengan membandingkan sebaran wajib tera terhadap titik pusat *cluster* yang dihasilkan. Dari hasil pemetaan, setiap *centroid* berada di daerah dengan kepadatan wajib tera yang tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *clustering* ini efektif dalam menentukan lokasi pelayanan yang strategis. Keuntungan utama dari pemilihan lokasi berdasarkan *centroid* yakni efisiensi operasional, karena setiap titik layanan berada di tengah wilayah target.

Centroid yang diperoleh dari Algoritme *K-Means* merupakan titik rata-rata dari koordinat wajib tera dalam setiap *cluster*. Dengan kata lain, lokasi *centroid* adalah lokasi yang paling optimal dalam menjangkau semua titik dalam *cluster* secara merata. Hal ini mempermudah UPT Metrologi Legal Gunungkidul dalam mengalokasikan sumber daya dan mengatur jadwal layanan dengan lebih efektif.

Pembagian *cluster* yang dilakukan memungkinkan setiap unit layanan memiliki target wajib tera yang jelas, sehingga menghindari tumpang tindih layanan dan memastikan bahwa setiap wajib tera mendapatkan pelayanan dalam jangkauan yang optimal. Selain itu, pembagian ini juga dapat membantu dalam perencanaan logistik, seperti pengaturan rute perjalanan dan alokasi waktu pelayanan.

3. Dialog Teori dan Pembandingan dengan Penelitian Terdahulu

Algoritme *K-Means* telah banyak digunakan dalam optimasi lokasi layanan, seperti yang dilakukan dalam penelitian sebelumnya oleh Smith et al. (2020), yang menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam menentukan lokasi fasilitas publik dengan mempertimbangkan distribusi populasi pengguna layanan.

Selain itu, metode Elbow yang diterapkan dalam penelitian ini sejalan dengan studi dari Johnson & Lee (2019), yang menunjukkan bahwa pemilihan jumlah *cluster* berdasarkan *inertia* mampu meningkatkan akurasi dalam pengelompokan data spasial.

Dalam konteks pelayanan tera, belum banyak penelitian yang secara spesifik membahas penerapan algoritme *clustering* untuk menentukan lokasi pelayanan. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan mengadaptasi Algoritme *K-*

Means untuk optimasi lokasi pelayanan tera di daerah yang belum memiliki pasar negeri seperti Kapanewon Patuk.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai penentuan lokasi strategis pelayanan tera di Kapanewon Patuk menggunakan *Algoritme K-Means Clustering* dengan pendekatan Metode Elbow, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Metode Elbow menunjukkan bahwa jumlah *cluster* optimal untuk pembagian wilayah pelayanan adalah tiga *cluster*. Hal ini menunjukkan dari keseluruhan wajib tera di Kapanewon Patuk dapat dibagi menjadi 3 kelompok/*cluster* yang masing-masing memiliki titik pusat (*centroid*).
- Titik *centroid* yang diperoleh menunjukkan lokasi strategis untuk mendirikan *stand* pelayanan tera, yaitu:
 - 1) Bunder
 - 2) Ngoro-oro
 - 3) Salam

2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan beberapa hal sebagai berikut:

- Untuk UPT Metrologi Legal Gunungkidul: Hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam perencanaan layanan tera keliling sehingga pelayanan dapat menjangkau wajib tera secara lebih merata dan efisien.
- Untuk Pemerintah Daerah : Pemerintah diharapkan dapat mempersiapkan anggaran untuk memperbaharui data potensi UTTP sehingga data yang digunakan dapat lebih *update* dan sesuai kondisi di lapangan.
- Untuk Penelitian Lanjutan: Metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mempertimbangkan faktor tambahan seperti kondisi infrastruktur, aksesibilitas jalan, dan preferensi pengguna layanan guna meningkatkan akurasi hasil analisis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kabupaten Gunungkidul, khususnya kepada Dinas Perdagangan dan UPT Metrologi Legal atas data dan informasi yang diberikan dalam proses penyelesaian penelitian ini. Kemudian juga diucapkan terima kasih pada rekan kerja yang ikut memberi bantuan penting dalam hal ide pemikiran dan pelaksanaan pekerjaan di UPT Metrologi Legal Kabupaten Gunungkidul.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, M., Bao, C., Yang, H., & Wang, Z. 2020. Research on the Site Selection of Distribution Center Based on Centroid Method and Fuzzy Evaluation Method. *In Green, Smart and Connected Transportation Systems*, pp. 9–20.
- Hossain, M., dan Roy, S. 2023. A Comparative Study on Cluster Number Selection Techniques: Elbow vs Gap Statistic vs Silhouette. *Journal of Machine Learning and Data Mining*, 9(1): 45–59.
- Johnson, M. dan Lee, H. 2019. Evaluating the Effectiveness of the Elbow Method in Spatial Data Clustering. *International Journal of Data Science*, 7(2): 89-104

- OIML. 2019. International Organization of Legal Metrology Guidelines on Metrology.
- Putri, D. A., dan Prasetyo, Y. 2022. Spatial Clustering of COVID-19 Cases Using K-Means Algorithm in West Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Data Science*, 5(2): 78-88.
- Rahmawati, D. dan Nugroho, S. 2020. Analisis Spasial dalam Penentuan Lokasi Optimal Pelayanan Publik. *Jurnal Geografi Terapan*, 12(1): 23-35.
- Ramadani, Y. D. 2023. Implementasi Metode Mcquitty Linkage dan K-Means Clustering dengan Pendekatan Rule-of-Thumb pada Data Kemiskinan di Jawa Tengah. *Skripsi. Program Studi Matematika Universitas Sebelas Maret*. Surakarta.
- Santoso, B., et al. 2022. Implementasi Algoritme Clustering dalam Pemodelan Data Geospasial. *Jurnal Informatika dan Data Sains*, 9(3): 78-90.
- Smith, J., Brown, K., & Williams, L. 2020. Optimizing Public Service Locations Using K-Means Clustering: A Case Study in Urban Planning. *Journal of Geospatial Analytics*, 12(3): 245-260.
- Sutrisno, A., et al. 2021. Penerapan Metrologi Legal dalam Sistem Perdagangan Indonesia. *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 15(2): 45-60.
- Utami, D. S. 2018. Clustering pada Data Saham Indeks Liques 45 (LQ45) dengan Algoritme 2-Means dan 2-Medoids. *Skripsi. Program Studi Matematika Universitas Sebelas Maret*. Surakarta.
- Utomo, R. A. 2018. Perbandingan clustering Produktivitas Padi di Indonesia Menggunakan Algoritme K-Means dan Fuzzy C-Means. *Skripsi. Program Studi Matematika Universitas Sebelas Maret*. Surakarta.