

Penerapan Algoritma K-Means Clustering untuk Daerah Penyebaran Sampah Kelurahan

Yantria Gusta Nugraha, Maimunah*, Pristi Sukmasetya

Fakultas Teknik, Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Magelang, Indonesia

Email: ¹yantria.gusta@gmail.com, ^{2,*}maimunah@unimma.ac.id, ³pristi.sukmasetya@ummgl.ac.id

Email Penulis Korespondensi: maimunah@unimma.ac.id

Submitted: 21/08/2023; Accepted: 30/09/2023; Published: 30/09/2023

Abstrak—Sampah di Indonesia, terutama di Kota Magelang, menjadi masalah serius akibat pertumbuhan penduduk yang pesat. Masalah pengelolaan sampah, termasuk tempat pembuangan akhir dan pengumpulan, perlu penanganan efektif. Metode Data Mining, seperti klusterisasi *K-Means*, dapat membantu mengidentifikasi daerah dengan tingkat timbulan sampah tertinggi. Pendekatan ini memberikan wawasan untuk pengembangan strategi manajemen sampah yang lebih fokus dan efisien, kontribusi yang signifikan untuk peningkatan kondisi Kota Magelang. Dengan mengidentifikasi daerah-daerah dengan timbulan sampah tertinggi, langkah-langkah penanganan sampah dapat diarahkan dengan lebih efisien dan efektif. Ini termasuk peningkatan transparansi, kapasitas, dan peran bank sampah, serta upaya-upaya lainnya untuk mengurangi dampak negatif sampah terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Setelah dilakukannya klusterisasi sampah yang ada di Kota Magelang dikelompokkan menjadi 3 *cluster* menurut wilayah suplier serta jumlah volume sampahnya. Kemudian setelah dilakukan tahapan evaluasi dengan *silhouette score* menampilkan nilai 0,79 yang notabene merupakan nilai yang sudah baik dikarenakan mendekati nilai 1,0. Dengan metode ini diharapkan pemerintah kota dalam penanganan sampah di Kota Magelang dapat dilakukan secara optimal, efisien, dan tepat sasaran.

Kata Kunci: Sampah; K-Means Cluster; TPA; TPSA; Data Mining

Abstract—Waste in Indonesia, especially in Magelang City, has become a serious problem due to rapid population growth. Waste management issues, including landfills and collection, need effective handling. Data mining methods, such as K-Means clustering, can help identify areas with the highest levels of waste generation. This approach provides insights for the development of a more focused and efficient waste management strategy, a significant contribution to the improvement of Magelang City. By identifying the areas with the highest waste generation, waste management measures can be directed more efficiently and effectively. This includes increasing the transparency, capacity, and role of waste banks, as well as other efforts to reduce the negative impact of waste on the environment and human health. After clustering, the waste in Magelang City was grouped into 3 clusters according to the supplier area and the volume of waste. Then after the evaluation stage with the silhouette score displays a value of 0.79 which is a good value because it is close to the value of 1.0. With this method, it is expected that the city government in handling waste in Magelang city can be done optimally, efficiently, and on target.

Keywords: Waste; K-Means Cluster; Data Mining

1. PENDAHULUAN

Indonesia menjadi negara yang mempunyai permasalahan sampah yang cukup kompleks sebagai akibat dari banyaknya jumlah penduduk [1]. Sampah di Indonesia menjadi permasalahan serius yang sudah harus diperhatikan oleh pemerintah dan masyarakat. Kementerian Lingkungan Hidup mencatat bahwa jumlah timbulan sampah di Indonesia pada Tahun 2020 mencapai 26,6 juta ton dengan capaian sampah terkelola 79,9% dan sampah tidak terkelola 20,1% . Walaupun sejak 2008, pemerintah telah mengesahkan UU No 18 tentang Pengelolaan Sampah, namun belum semua kota dapat menerapkannya dengan baik [2]. Arahan dari UU 18/2008 tersebut adalah menitikberatkan pada kegiatan pengurangan dan penanganan sampah sehingga didapatkan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Salah satu faktor yang mempengaruhi bertambahnya penumpukan sampah yaitu meningkatnya angka kelahiran yang berakibat pada semakin padatnya pertumbuhan penduduk [3]. Seiring berkembangnya pertumbuhan penduduk yang pesat secara langsung memberikan kontribusi negatif yang mengakibatkan daerah pemukiman semakin luas dan padat juga peningkatan tajam terhadap produksi sampah. Saat ini, berbagai masalah terkait pengelolaan sampah masih dihadapi oleh hampir semua kota besar di Indonesia [4], salah satunya di Kota Magelang. Kota Magelang yang berada di provinsi Jawa Tengah memiliki tiga kecamatan dan tujuh belas kelurahan tercatat pada tahun 2021 menurut data BPS (Badan Pusat Statistik) Kota Magelang memiliki jumlah penduduk mencapai 121.610 jiwa, dengan jumlah yang sekian banyak dan juga kegiatan sehari-hari dalam masyarakat tentu tidak pernah lepas dari sampah, Hal ini ditunjukkan dengan jumlah sampah yang ditimbulkan dalam suatu wilayah yang meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pendapatan perkapita di suatu negara [5]. Sampah-sampah tersebut dapat berupa makanan, minuman kemasan, barang-barang bekas, limbah perkebunan, pertanian, industri, perumahan, dan lain sebagainya. Disisi lain dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas sampah yang dihasilkan, maka perlu ada penanganan yang dilakukan untuk meminimalisir dampak negatif terhadap kesehatan dan gangguan kelestarian fungsi lingkungan akibat sampah [6]. Banyak wilayah yang ada di Indonesia belum dapat menjaga kebersihan lingkungan, sehingga masalah sampah saat ini belum bisa ditangani dengan baik sehingga banyak kerugian yang dirasakan mulai dari kesehatan manusia atau makhluk lainnya dan dapat mencemari lingkungan [7].

Di Kota Magelang sendiri terdapat Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang berada di Dusun Plumbon, Desa Banyuurip, Kecamatan Tegalrejo, Kota Magelang. TPA merupakan salah satu bagian terpenting dalam sistem pengelolaan sampah [8]. TPA merupakan salah satu bagian terpenting dalam sistem pengelolaan sampah [9], di TPA tersebut banyak berdatangan sampah-sampah yang diangkut dengan berbagai macam kendaraan setiap harinya yang diambil dari berbagai tempat seperti depo-depo, TPS, pabrik, umkm, rumah tangga, dan instansi. Pada data yang terdapat di TPA Banyuurip tempat-tempat penghasil sampah tersebut memiliki tiga pemasok yang berwenang dan bertanggung jawab dalam pengangkutan sampah, tiga pemasok tersebut yaitu, DLH, Kelurahan, dan Swasta. Pada sektor DLH sampah-sampah yang diambil berfokus pada daerah TPSA dan Depo-depo di sudut kota, dsb. Sementara untuk sektor kelurahan berfokus pada sampah-sampah rumah tangga di tiap-tiap kelurahan. Dan yang terakhir sektor swasta berfokus pada sampah-sampah di instansi, industri, umkm, dll.

Dari permasalahan yang telah dijabarkan tersebut diperlukan adanya solusi yang efektif dalam membantu penanganan dengan suatu metode untuk mengetahui daerah di Kota Magelang yang menjadi daerah dengan timbulan sampah terbanyak berdasarkan faktor utama ketersediaan sarana dan prasarana yang ada saat ini. Maka dari itu solusi yang diperlukan untuk mengurangi sampah yang nantinya akan berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA) salah satu langkahnya dengan meningkatkan efektivitas pengumpulan sampah dengan meningkatkan transparansi, kapasitas, dan peran bank sampah [10]. Untuk menemukan daerah penyebaran sampah terbanyak yang berfokus di 17 kelurahan yang ada di Kota Magelang dapat menggunakan Data Mining. Data Mining adalah suatu proses yang mempekerjakan satu atau lebih teknik pembelajaran komputer untuk menganalisis dan mengekstraksi pengetahuan secara otomatis. Berdasarkan fungsinya, data mining terbagi menjadi enam bagian yaitu, deskripsi, prediksi, estimasi, klasifikasi, *clustering*, dan asosiasi. Salah satu fungsi data mining yaitu *clustering*, *clustering* merupakan aktivitas (task) yang bertujuan mengelompokkan data yang menunjukkan kemiripan antara dua data dikelompokkan ke dalam cluster atau kelompok [11]. Ada berbagai algoritma yang biasa digunakan dalam *clustering* salah satunya algoritma K-Means. Algoritma klusterisasi K-Means merupakan salah satu dari algoritma data mining yang populer di kalangan peneliti [12], yang juga akan digunakan dalam penelitian ini.

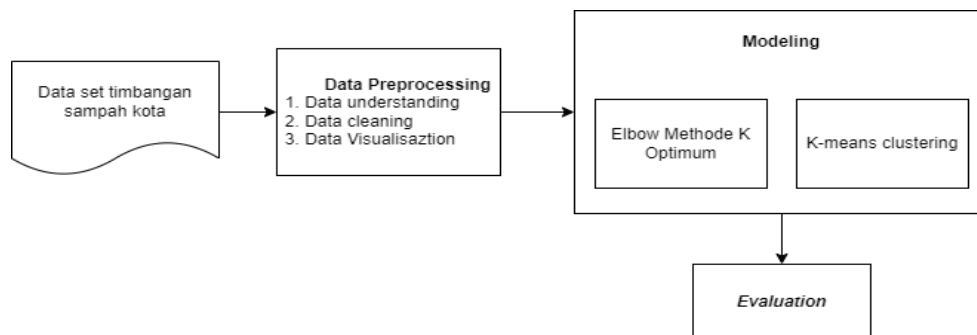
Beberapa artikel yang membahas topik yang mendukung dan membantu dalam penelitian ini telah tersedia, salah satunya adalah literatur mengenai “Analisis Algoritma K-Means Clustering Untuk Daerah Penyebaran Sampah di Kota Bekasi” [1]. Analisis K-Means Cluster untuk Identifikasi Kawasan Pengelolaan Sampah di Kabupaten Tapin Provinsi Kalimantan Selatan [5]. Analisis Pengelolaan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Desa Sido Makmur Kecamatan Sipora Utara [9]. Clustering Daerah Penyumbang Sampah Berdasarkan Provinsi di Indonesia Menggunakan Algoritma K-Means [11]. Penerapan Algoritma K-Medoids Clustering Untuk Pengelompokan Penyebaran Diare Di Kota Medan (Studi Kasus: Kantor Dinas Kesehatan Kota Medan) [13].

Penelitian tersebut digunakan sebagai acuan oleh penulis dalam penelitian ini untuk dilakukan penelitian penyebaran sampah berdasarkan tujuh belas kelurahan yang ada di Kota Magelang dengan menggunakan klusterisasi K-Means agar nantinya dapat diketahui kelurahan yang memiliki timbulan sampah tertinggi supaya dalam penanganannya dapat dilakukan dengan tepat, efisien, dan mampu menyesuaikan jumlah sampah pada penyuplai yang bertanggung jawab pada tiap sektor tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan metode yang dilakukan pada penelitian ini melalui serangkaian alur yang tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

2.2 Dataset Timbangan Sampah

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif [14]. Pada tahap ini data yang didapat melalui TPSA Banyuurip berupa data pengangkutan volume sampah setiap hari yang dihasilkan di Kota Magelang. Data ini menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah suatu proses penelitian dengan menggunakan angka sebagai alat untuk menganalisis [15].

2.3 Algoritma K-Means

K-Means merupakan salah satu teknik pengelompokan yang bekerja berdasarkan *partitioned clustering* [16]. Algoritma K-means juga salah satu metode clustering non hirarki yang berusaha membagi data yang ada ke dalam bentuk satu atau lebih cluster atau kelompok [17]. Sehingga data yang memiliki karakteristik yang sama dikelompokkan ke dalam satu cluster yang sama dan data yang mempunyai karakteristik yang berbeda dikelompokkan ke dalam kelompok yang lainnya [18]. Secara umum terdapat langkah-langkah dari K-Means clustering, yaitu:

- Menentukan k sebagai jumlah cluster.
- Membangkitkan nilai random untuk pusat cluster awal (*centroid*) sebanyak k.
- Menghitung jarak setiap data input terhadap masing-masing *centroid* menggunakan rumus jarak Euclidean (*Euclidean Distance*) sehingga ditemukan jarak yang paling dekat dari setiap data dengan *centroid*. Berikut persamaan 1 rumus *Euclidean Distance*:

$$D(x_i, \pi_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \pi_i)^2} \quad (1)$$

Dimana: $D(x_i, \pi_i)$ = Jarak antara *clustering* x dengan pusat cluster pada data ke-i

x_i = Bobot dari data ke-I pada *cluster* yang ingin dicari jaraknya

π_i = Bobot data ke-I pada pusat *cluster*

n = Jumlah data

- Mengklasifikasikan setiap data berdasarkan kedekatannya dengan *centroid* (jarak terkecil)
- Memperbaharui nilai *centroid*. Nilai *centroid* ini baru diperoleh dari rata-rata *cluster* yang bersangkutan dengan menggunakan persamaan 2 berikut:

$$C_k = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^n d_i \quad (2)$$

Dimana:

n_k = jumlah data dalam cluster k

d_i = jumlah nilai jarak yang masuk dalam masing-masing *cluster*

2.4 Evaluation

Pada tahap terakhir yaitu evaluasi untuk mengukur tingkat akurasi model yang digunakan menggunakan metode *Silhouette Score*. Metode ini adalah salah satu cara untuk mengukur seberapa efektif algoritma K-Means bekerja dalam menghasilkan pengelompokan atau klasterisasi yaitu data dikelompokkan ke dalam satu klaster berdasarkan kemiripan atribut yang dimiliki [19].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Preprocessing

Tahapan ini merupakan proses penting dalam melakukan proses analisis, dimana data yang awalnya masih mentah diubah menjadi data yang lebih terorganisir. Tujuan utama dari tahap ini yaitu untuk melakukan perbaikan pada kualitas data dan tentunya mempersiapkan agar data dapat untuk dianalisis [20]. Terdapat beberapa tahapan dalam proses preprocessing, antara lain:

3.1.1 Data Understanding

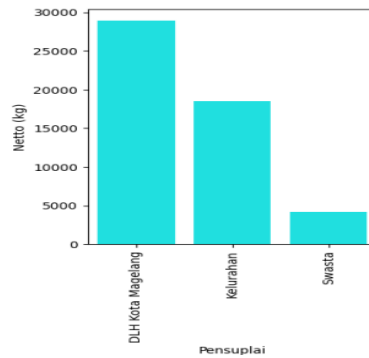
Pada tahap ini data yang diambil mengenai data sampah yang terangkut dan timbulan sampah di Kota Magelang. Data disimpan dalam bentuk excel atau *.csv. Atribut yang digunakan pada data meliputi no, tanggal, no.polisi, barang, supplier, netto(kg), jam, sopir, dan admin. Data yang dipilih dalam rentan tahun 2019-2022.

3.1.2 Data Cleaning

Pada tahap ini melakukan pengecekan pada data untuk mengidentifikasi ataupun menghilangkan data yang belum lengkap, tidak valid, tidak relevan, dsb. Dalam pengecekan data menggunakan *missing value* (mengisi nilai yang hilang). Pada data sampah tahun 2019 hingga 2022 tidak ditemukan adanya *missing value* atau data yang hilang.

3.1.3 Data Visualization

Tahapan ini menampilkan data dalam bentuk diagram agar lebih mudah untuk dipahami serta nantinya mempermudah dalam perhitungan menggunakan *data mining*. Gambar 2 merupakan contoh data visualisasi yang ditampilkan berupa total volume sampah berdasarkan penanggung jawab pengambilan sampah yang terdapat di Kota Magelang.

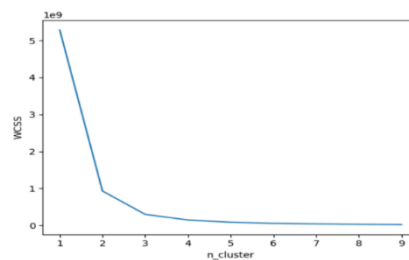


Gambar 2. Visualisasi volume sampah pada pensuplai di Kota Magelang

3.2 Modeling

3.1.1 Elbow Method

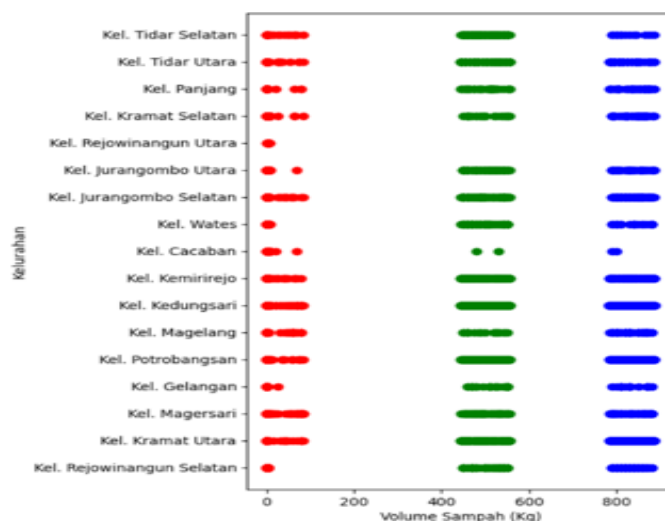
Setelah *dataset* melalui tahapan *data preprocessing* selanjutnya akan dilakukan tahap *modeling*. Pertama-tama yang dilakukan yaitu mencari nilai cluster optimum dengan menggunakan *elbow method*. Dari hasil *elbow method* pada Gambar 3. ditemukan bahwa cluster optimum dapat dengan menggunakan 2 *cluster* dan 3 *cluster*. Namun ketika dilakukan perbandingan untuk nilai *cluster 2* dan *cluster 3* nilai akurasi lebih tinggi untuk *cluster 3* dengan score 0,79 sementara untuk *cluster 2* hanya sebesar 0,77 . Sehingga untuk penelitian ini menggunakan 3 *cluster* agar mencapai hasil paling optimal. Pada Gambar 3. merupakan hasil dari tampilan *elbow method*.



Gambar 3. Hasil elbow method

3.1.2 Klasterisasi K-Means

Langkah berikutnya setelah melalui tahapan data preprocessing dan juga mencari nilai optimal, yaitu selanjutnya tahap modeling k-means. Proses K-Means clustering menjadi proses yang digunakan untuk mengelompokkan wilayah-wilayah kelurahan di Kota Magelang berdasarkan pol penyebaran sampah. Untuk awal memulai analisis K-Means clustering perlu dipilih jumlah cluster (k) yang sesuai karena jumlah cluster akan mencerminkan berapa banyak kelompok wilayah yang akan dibentuk untuk analisis penyebaran sampah. Pertama-tama yang dilakukan yaitu memasukan jumlah cluster yang berjumlah 3 (tiga) sebagai nilai k, yang akan menampilkan penyebaran volume sampah di tiap kelurahan periode tahun 2019-2022. Berikut Pada Gambar 4 merupakan plot penyebaran cluster sampah di kelurahan Kota Magelang.



Gambar 4. Plot penyebaran sampah

Berdasarkan dari Gambar 4 warna merah adalah cluster 1, warna hijau adalah cluster 2, dan warna biru adalah cluster 3. Pada klasterisasi data tersebut warna merah merupakan klaster dengan jumlah volume sampah rendah, sementara warna hijau merupakan klaster dengan jumlah volume sampah sedang, dan biru klaster dengan volume sampah tinggi. Dimana periode tahun selama 2019-2022 dengan total keseluruhan yang ada di kelurahan di Kota Magelang. Pada Tabel 1. Di bawah ini adalah jumlah data dan rata-rata setiap cluster. Pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Di bawah ini adalah spesifikasi volume supplier penyumbang sampah yang ada di Kelurahan beserta pensuplai yang bertanggung jawab pada tiap supplier berdasarkan dari cluster 1. Pada supplier DLH terdapat 16 data hasil cluster, 21 data hasil cluster dari Kelurahan dan terdapat 15 data hasil cluster pada Swasta.

Tabel 1. Kelurahan dan supplier pada cluster 1 pensuplai DLH

No.	Supplier	Kelurahan	Pensuplai	Cluster	Volume(kg)
1	Pasar Rejowinangun	Kel. Rejowinangun Selatan	DLH Kota Magelang	1	2620.032
2	Dlh Kota Magelang	Kel. Kedungsari	DLH Kota Magelang	1	7297.878
3	Depo Cacaban	Kel. Cacaban	DLH Kota Magelang	1	6747.94
.....					
15	Kec. Mgl Utara	Kel. Kramat Selatan	DLH Kota Magelang	1	283.19
16	Tpst Tidar Campur	Kel. Tidar Selatan	DLH Kota Magelang	1	1.65

Tabel 2. Kelurahan dan supplier pada cluster 1 pensuplai Kelurahan

No.	Supplier	Kelurahan	Pensuplai	Cluster	Volume(kg)
1	Perum Depkes Magelang	Kel. Kramat Utara	Kelurahan	1	783.445
2	Depo Tidar Selatan	Kel. Magersari	Kelurahan	1	1127.998
3	Kel. Gelangan	Kel. Gelangan	Kelurahan	1	1276.01
.....					
20	Tpst Potrobangsari	Kel. Potrobangsari	Kelurahan	1	8.245
21	Smkn 1 Magelang	Kel. Jurangombo Selatan	Kelurahan	1	259.56

Tabel 3. Kelurahan dan supplier pada cluster 1 pensuplai Swasta

No.	Supplier	Kelurahan	Pensuplai	Cluster	Volume(kg)
1	Catering Sari	Kel. Jurangombo Selatan	Swasta	1	437.295
2	Lidah Buaya	Kel. Tidar Utara	Swasta	1	632.28
3	Taman Kyai Langgeng	Kel. Kemirirejo	Swasta	1	436.6
.....					
14	Rsu Magelang	Kel. Kemirirejo	Swasta	1	44.725
15	Rst Magelang	Kel. Wates	Swasta	1	35.145

Pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6. Di bawah ini adalah spesifikasi volume supplier penyumbang sampah yang ada di Kelurahan beserta pensuplai yang bertanggung jawab pada tiap supplier berdasarkan dari cluster 2.

Tabel 3. Kelurahan dan supplier pada cluster 2 pensuplai DLH

No.	Supplier	Kelurahan	Pensuplai	Cluster	Volume(kg)
1	Dlh Kota Magelang	Kel. Kedungsari	DLH Kota Magelang	2	795257
2	Tpst Dumpoh	Kel. Potrobangsari	DLH Kota Magelang	2	52570
.....					
13	Tpst Tidar Campur	Kel. Tidar Selatan	DLH Kota Magelang	2	124680
14	Disperindag Magelang	Kel. Magersari	DLH Kota Magelang	2	1930

Tabel 4. Kelurahan dan supplier pada cluster 2 pensuplai Kelurahan

No.	Supplier	Kelurahan	Pensuplai	cluster	Volume(kg)
1	Kel. Potrobangsari	Kel. Potrobangsari	Kelurahan	2	49235
2	Tpst Potrobangsari	Kel. Potrobangsari	Kelurahan	2	206740
3	Kel. Kramat Utara	Kel. Kramat Utara	Kelurahan	2	15065
.....					
19	Depo Maluku	Kel. Potrobangsari	Kelurahan	2	5110
20	Alun-Alun, Pecinan	Kel. Kemirirejo	Kelurahan	2	48120

Tabel 5. Kelurahan dan supplier pada cluster 2 pensuplai Swasta

No.	Supplier	Kelurahan	Pensuplai	cluster	Volume(kg)
1	Lidah Buaya	Kel. Tidar Utara	Swasta	2	71070
2	Taman Kyai Langgeng	Kel. Kemirirejo	Swasta	2	28795



3	Sumber Jaya	Kel. Kramat Utara	Swasta	2	17325
.....					
12	PLN Magelang	Kel. Potrobangsang	Swasta	2	4395
13	RSU Magelang	Kel. Kemirirejo	Swasta	2	535

Pada Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9. Di bawah ini adalah spesifikasi volume suplier penyumbang sampah yang ada di Kelurahan beserta pensuplai yang bertanggung jawab pada tiap suplier berdasarkan dari *cluster 3*.

Tabel 6. Kelurahan dan suplier pada cluster 3 pensuplai DLH

No.	Suplier	Kelurahan	Pensuplai	cluster	Volume(kg)
1	Dlh Kota Magelang	Kel. Kedungsari	DLH Kota Magelang	3	890945
2	Pasar Rejowinangun	Kel.Rejowinangun Selatan	DLH Kota Magelang	3	74100
3	Depo Sanden Kuncen	Kel. Kramat Selatan	DLH Kota Magelang	3	1650
.....					
13	Kec. Mgl Utara	Kel. Kramat Selatan	DLH Kota Magelang	3	825
14	Dishub Magelang	Kel. Tidar Selatan	DLH Kota Magelang	3	875

Tabel 7. Kelurahan dan suplier pada cluster 3 pensuplai Kelurahan

No.	Suplier	Kelurahan	Pensuplai	cluster	Volume(kg)
1	Kel. Potrobangsang	Kel. Potrobangsang	Kelurahan	3	139850
2	Kel. Tidar Selatan	Kel. Tidar Selatan	Kelurahan	3	5760
3	Perum Depkes Magelang	Kel. Kramat Utara	Kelurahan	3	101290
.....					
21	Terminal S Hatta	Kel. Tidar Utara	Kelurahan	3	4275
22	SMK N 1 Magelang	Kel. Jurangombo Selatan	Kelurahan	3	6695

Tabel 8. Kelurahan dan suplier pada cluster 3 pensuplai Swasta

No.	Suplier	Kelurahan	Pensuplai	cluster	Volume(kg)
1	RSJ Magelang	Kel. Kramat Utara	Swasta	3	108465
2	UNTID Magelang	Kel. Potrobangsang	Swasta	3	3295
3	Lidah Buaya	Kel. Tidar Utara	Swasta	3	46995
.....					
12	Hotel Trio Magelang	Kel. Magersari	Swasta	3	17565
13	RSU Magelang	Kel. Kemirirejo	Swasta	3	2535

Setelah itu dilihat Pada Tabel 10 di bawah ini bahwa pada *cluster 3* merupakan *cluster* dengan jumlah volume terbanyak, sedangkan *cluster 1* merupakan *cluster* dengan jumlah volume tersedikit. Sedangkan untuk data terbanyak ada pada *cluster 1* dan untuk data tersedikit ada pada *cluster 3*.

Tabel 9. Jumlah data dan rata-rata setiap cluster

CLUSTER	JUMLAH DATA	RATA-RATA
CLUSTER 1	28258	200,8 kg
CLUSTER 2	3687	498 kg
CLUSTER 3	2573	835 kg

Kemudian untuk tampilan Pada Tabel 11 menunjukkan nilai rata-rata volume pada kelurahan di tiap *cluster*. Dapat dilihat bahwa pada *cluster 1* rata-rata terbanyak pada Kel. Tidar Selatan dengan nilai rata-rata 12.86886, sementara tersedikit pada Kel.Gelangan dengan nilai rata-rata 1.528156. Untuk *cluster 2* rata-rata terbanyak pada Kel. Gelangan dengan nilai rata-rata 512.91667, sementara tersedikit pada Kel. Tidar Selatan dengan nilai rata-rata 490.22525. Dan terakhir pada *cluster 3* rata-rata terbanyak pada Kel. Panjang dengan nilai rata-rata 842.30000, sementara tersedikit pada Kel.Cacaban dengan nilai rata-rata 795.00000.

Tabel 10. Rata-rata volume sampah terbanyak dan tersedikit pada setiap cluster

KELURAHAN	CLUSTER 1	CLUSTER 2	CLUSTER 3
Rata-rata Terbanyak	Kel. Tidar Selatan	Kel. Gelangan	Kel.Panjang
Nilai Rata-rata	12.86886	512.91667	842.30000
Rata-rata tersedikit	Kel. Gelangan	Kel. Tidar Selatan	Kel. Cacaban
Nilai Rata-rata	1.528156	490.22525	795.00000
Jumlah Data Terbanyak	Kel. Kedungsari	Kel. Kedungsari	Kel. Kedungsari
Jumlah Data Tersedikit	Kel. Tidar Selatan	Kel. Cacaban	Kel. Tidar Selatan

3.3 Evaluation

Pada tahap terakhir yaitu evaluasi dengan menggunakan *Silhouette Score* untuk mencari hasil terbaik dari pengelompokan yang telah dilakukan dengan algoritma K-Means. Nilai yang didapat dari perhitungan dengan menggunakan *Silhouette Score* yaitu 0,79. Nilai tersebut terbilang cukup tinggi dikarenakan nilai yang hampir mendekati 1,0.

4. KESIMPULAN

Dari hasil *cluster* yang telah dilakukan dengan menggunakan *k-3* menjadi klaster dengan hasil paling optimal yang diketahui melalui metode *elbow* dengan data timbangan sampah periode tahun 2019-2022 di Kota Magelang yang ada di TPSA Banyuwirip. Pada *cluster 1* dikategorikan sebagai daerah dengan penyebaran sampah dalam tingkatan yang relatif rendah dengan rata-rata volume sampah sebanyak 200,8 kg, sementara untuk *cluster 2* dikategorikan sebagai daerah dengan penyebaran sampah relatif sedang dengan rata-rata volume sampah sebanyak 498 kg, kemudian untuk *cluster 3* dikategorikan sebagai daerah dengan penyebaran sampah relatif tinggi dengan rata-rata volume sampah sebanyak 835 kg. Kemudian untuk kelurahan dengan rata-rata terbanyak pada *cluster 1* yaitu Kel. Tidar Selatan sementara kelurahan dengan jumlah rata-rata tersedikit pada *cluster 1* yaitu Kel. Gelangan, lalu untuk kelurahan dengan rata-rata terbanyak pada *cluster 2* yaitu Kel. Gelangan sementara kelurahan dengan jumlah rata-rata tersedikit pada *cluster 2* yaitu Kel. Tidar Selatan, terakhir untuk kelurahan dengan rata-rata terbanyak pada *cluster 3* yaitu Kel. Panjang dan untuk kelurahan dengan jumlah rata-rata tersedikit pada *cluster 3* yaitu Kel. Cacaban. Kemudian dari setiap cluster pada kelurahan dengan jumlah data dan rata-rata tertinggi dilakukan spesifikasi kembali untuk menampilkan sektor dengan timbulan sampah terbanyak juga pensuplai yang bertanggung jawab pada sektor tersebut. Hasil dari klastering menggunakan algoritma K-Means tersebut setelahnya dilakukan evaluasi dengan menggunakan *silhouette score* yang kemudian menghasilkan *score* 0,79 yang hampir mendekati angka 1 juga merupakan nilai yang terpaat optimal.

REFERENCES

- [1] D. Ruwandara, M. Jajuli, and A. Rizal, "Analisis Algoritma K-Means Clustering Untuk Daerah Penyebaran Sampah di Kota Bekasi," *JOINS J. Inf. Syst.*, vol. 6, no. 1, pp. 56–63, May 2021, doi: 10.33633/joins.v6i1.4085.
- [2] H. P. Putra, E. Damanhuri, and E. Sembiring, "Sektor Baru Pengelolaan Sampah di Indonesia (Studi Kasus di Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman Dan Bantul) ," *J. Sains Teknol. Lingkung.*, vol. 11, no. 1, 2019, doi: 10.20885/jstl.vol11.iss1.art2.
- [3] E. Hardipurnomo, "Pengaruh Kinerja Supir Truk Sampah Dalam Mengurangi Penumpukan Sampah Di Kota Kupang (Studi Kasus Pada Wilayah IV Kecamatan Alak Kota Kupang)," *Jurnam Manaj.*, vol. Vol 6 (2) Oktober 2022, 2022.
- [4] M. Chaerul and S. A. Rahayu, "Cost Benefit Analysis dalam Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah: Studi Kasus Kota Pekanbaru," *J. Pengelolaan Sumberd. Alam Dan Lingkung. J. Nat. Resour. Environ. Manag.*, vol. 9, no. 3, pp. 710–722, Oct. 2019, doi: 10.29244/jpsl.9.3.710-722.
- [5] R. Magriaty, K. Murtalaksono, and S. Anwar, "Analisis K-Means Cluster untuk Identifikasi Kawasan Pengelolaan Sampah di Kabupaten Tapin Provinsi Kalimantan Selatan," *J. Reg. Rural Dev. Plan.*, vol. 7, no. 1, pp. 79–90, Feb. 2023, doi: 10.29244/jp2wd.2023.7.1.79-90.
- [6] Program Studi Rekayasa Infrastruktur Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, I. M. W. Widyarsana, and A. D. Zafira, "Kajian Pengembangan Sistem Pengelolaan Sampah di Kabupaten Tangerang," *J. Teh. Lingkung.*, vol. 21, no. 1, pp. 87–97, May 2015, doi: 10.5614/jtl.2015.21.1.10.
- [7] D. A. Silitonga, A. P. Windarto, and D. Hartama, "Penerapan Metode K-Medoid pada Pengelompokan Rumah Tangga Dalam Perlakuan Memilah Sampah Menurut Provinsi," 2019.
- [8] W. Santoso and P. Sukmasetya, "Prediksi Volume Sampah di TPSA Banyuwirip Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network," vol. 7, 2023.
- [9] K. Agung, E. Juita, and E. Zuriyani, "Analisis Pengelolaan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Desa Sido Makmur Kecamatan Sipora Utara," *JPIG J. Pendidik. Dan Ilmu Geogr.*, vol. 6, no. 2, pp. 115–124, Sep. 2021, doi: 10.21067/jpig.v6i2.5936.
- [10] Y. Rusdiana, "Analisis Klaster Untuk Pengelompokan Bank Sampah Berdasarkan Jenis Data Sampah Anorganik di Kecamatan Pamulang".
- [11] B. N. S. Desi Kristina Sitinjak, "Clustering Daerah Penyumbang Sampah Berdasarkan Provinsi di Indonesia Menggunakan Algoritma K-Means," Sep. 2022, doi: 10.5281/ZENODO.7059032.
- [12] M. Nurrohman, M. Maimunah, and P. Sukmasetya, "Sistem Klasterisasi Volume Sampah Organik di Kota Magelang menggunakan K-Means," *TEMATIK*, vol. 10, no. 1, pp. 146–153, Jun. 2023, doi: 10.38204/tematik.v10i1.1338.
- [13] B. Riyanto, "Penerapan Algoritma K-Medoids Clustering untuk Pengelompokan Penyebaran Diare di Kota Medan (Studi Kasus: Kantor Dinas Kesehatan Kota Medan)," *KOMIK Konf. Nas. Teknol. Inf. Dan Komput.*, vol. 3, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.30865/komik.v3i1.1659.
- [14] T. Yusari and J. Purwohandoyo, "Potensi timbulan sampah plastik di Kota Yogyakarta tahun 2035," *J. Pendidik. Geogr.*, vol. 25, no. 2, pp. 88–101, Jun. 2020, doi: 10.17977/um017v25i22020p088.
- [15] Y. Ferdianto, "Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Pada Materi SPLDV...," vol. 3, no. 1.
- [16] K. Fatmawati and A. P. Windarto, "Data Mining: Penerapan Rapidminer dengan K-Means Cluster pada Daerah Terjangkit Demam Berdarah Dengue (Dbd) Berdasarkan Provinsi," *Comput. Eng. Sci. Syst. J.*, vol. 3, no. 2, p. 173, Aug. 2018, doi: 10.24114/cess.v3i2.9661.



- [17] A. N. B. Prasetyo, M. Maimunah, and P. Sukmasetya, “K-Means Clustering Method for Determining Waste Transportation Routes to Landfill,” *J. Ris. Inform.*, vol. 5, no. 3, pp. 547–556, Jun. 2023, doi: 10.34288/jri.v5i3.540.
- [18] F. Yunita, “Penerapan Data Mining Menggunakan Algoritma K-Means Clustering pada Penerimaan Mahasiswa Baru (Studi Kasus : Universitas Islam Indragiri),” vol. 7, 2018.
- [19] R. Hidayati, A. Zubair, A. H. Pratama, and L. Indana, “Analisis Silhouette Coefficient pada 6 Perhitungan Jarak K-Means Clustering,” *Techno.Com*, vol. 20, no. 2, pp. 186–197, May 2021, doi: 10.33633/tc.v20i2.4556.
- [20] M. Mustangin, M. Iqbal, and M. R. Buhari, “Proses Perencanaan Pendidikan Nonformal untuk Peningkatan Kapasitas Teknologi Pelaku UMKM,” *J. Penelit. Dan Pengemb. Pendidik.*, vol. 5, no. 3, p. 414, Nov. 2021, doi: 10.23887/jppp.v5i3.38927.