

Analisis Pengelolaan Sampah dengan K-Means Clustering di Indonesia

Rendi Yulio Pramudita (2023071047), Fayyadh Ahmad Murhali (2023071065)

Universitas Pembangunan Jaya

Abstrak

Permasalahan pengelolaan sampah di Indonesia terus menjadi tantangan yang signifikan. Dalam penelitian ini, kami menggunakan algoritma K-Means untuk mengelompokkan daerah berdasarkan tingkat produksi sampah dan efektivitas pengelolannya. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi pola dan memberikan rekomendasi berbasis data untuk mengoptimalkan strategi pengelolaan sampah. Data yang digunakan mencakup statistik produksi sampah dari berbagai provinsi di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma K-Means dapat memberikan klasifikasi yang membantu pemerintah dan lembaga terkait dalam membuat kebijakan yang lebih efektif.

Kata Kunci: Sampah, Algoritma, Produksi, Efektifitas, Kebijakan

Abstract

The problem of waste management in Indonesia continues to be a significant challenge. In this research, we use the K-Means algorithm to group regions based on the level of waste production and the effectiveness of their management. The aim of this research is to identify patterns and provide data-based recommendations to optimize waste management strategies. The data used includes waste production statistics from various provinces in Indonesia. The research results show that the K-Means algorithm can provide classifications that help the government and related institutions in making more effective policies.

Keywords: Waste, Algorithms, Production, Effectiveness, Policy

I. PENDAHULUAN

Indonesia menghasilkan lebih dari 64 juta ton sampah setiap tahun, dengan sebagian besar berasal dari limbah rumah tangga dan plastik. Pengelolaan sampah yang belum optimal menjadi tantangan yang terus dihadapi, termasuk dalam pengumpulan, pemilahan, dan daur ulang. Ketidakmampuan untuk menangani limbah secara efektif dapat menyebabkan berbagai masalah lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air, serta peningkatan emisi gas rumah kaca[5][8]. Oleh karena itu, diperlukan solusi berbasis teknologi untuk membantu memahami pola produksi sampah dan meningkatkan efektivitas strategi pengelolannya.

Pemanfaatan algoritma pembelajaran mesin, seperti K-Means, membuka peluang baru untuk menganalisis data produksi sampah secara lebih terstruktur. Dengan mengelompokkan daerah berdasarkan pola produksi dan efektivitas pengelolaan sampah, pendekatan ini dapat memberikan wawasan yang lebih dalam untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data[4]. Dalam konteks ini.

II. TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dari proyek ini yaitu untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan tingkat produksi sampah dan kapasitas pengelolannya untuk mendukung alokasi sumber daya yang lebih optimal.

Manfaat dari proyek ini yaitu dapat mengidentifikasi provinsi prioritas untuk peningkatan fasilitas pengelolaan sampah dan penyusunan kebijakan berbasis data untuk distribusi sumber daya.

III. LANDASAN TEORI

Clustering adalah teknik analisis data untuk mengelompokkan data berdasarkan kesamaan tertentu, sementara algoritma K-Means digunakan untuk membagi data ke dalam kelompok dengan menganalisis jarak terdekat ke pusat kelompok (centroid)[6][9]. Hasil clustering ini mendukung optimalisasi sistem, yakni meningkatkan efisiensi distribusi fasilitas pengelolaan sampah dan alokasi

sumber daya. Manajemen sampah melibatkan pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan sampah secara sistematis untuk meminimalkan dampak lingkungan, yang di Indonesia menghadapi tantangan volume sampah yang besar dan kurangnya infrastruktur[11].

IV. ALGORITMA K-MEANS

Algoritma K-Means adalah metode *clustering* yang membagi data ke dalam k kelompok berdasarkan kedekatan antar data. Proses dimulai dengan memilih k *centroid* acak, lalu data dikelompokkan berdasarkan jarak terdekat ke *centroid*[10]. Posisi *centroid* diperbarui dengan rata-rata posisi data dalam kelompok tersebut, dan proses ini diulang hingga *centroid* tidak berubah. K-Means sederhana, cepat, dan cocok untuk pola kelompok yang jelas, tetapi sensitif terhadap outlier dan memerlukan penentuan jumlah kelompok k. Dalam penanganan sampah, K-Means bisa digunakan untuk mengelompokkan wilayah dan menentukan lokasi fasilitas pengelolaan sampah yang efektif[12].

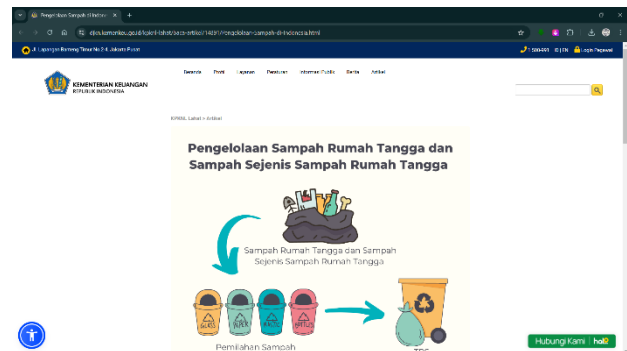
V. ALASAN MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS

Algoritma K-Means dipilih karena kemampuannya yang efektif dalam mengelompokkan data berdasarkan pola tertentu. Sifatnya yang sederhana, efisien, dan fleksibel membuatnya cocok untuk berbagai jenis data[7], termasuk big data. Dalam konteks pengelolaan sampah, algoritma ini memungkinkan pengelompokan wilayah berdasarkan volume, jenis, atau pola distribusi sampah, yang dapat memberikan wawasan strategis bagi pengambil kebijakan. Proses iteratif K-Means meminimalkan jarak antar data dalam cluster dan memaksimalkan jarak antar cluster, sehingga menghasilkan pengelompokan yang optimal[5].

Proyek ini menggunakan K-Means untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan tingkat produksi sampah dan efektivitas pengelolaannya. Hasil clustering membantu mengidentifikasi wilayah dengan karakteristik serupa, mempermudah strategi berbasis data, dan menentukan lokasi fasilitas pengelolaan sampah yang strategis. Meski sensitif terhadap outlier dan memerlukan penentuan jumlah cluster (k), kelemahan ini dapat diatasi dengan preprocessing data yang baik, menjadikan K-Means alat praktis dalam pengelolaan sampah.

VI. BERITA PENDUKUNG

1. “Pengelolaan Sampah di Indonesia”

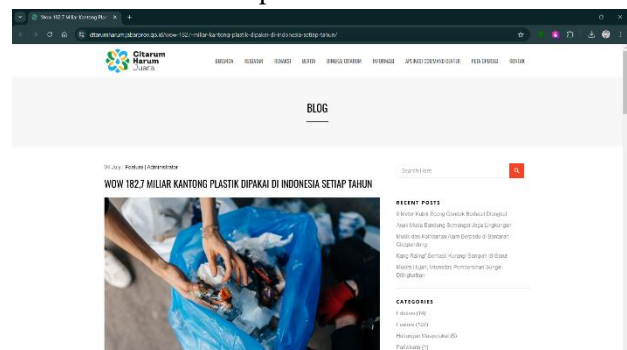


Sampah, menurut KBBI, adalah barang yang dibuang karena tidak terpakai lagi, sedangkan menurut UU Nomor 18 Tahun 2008, sampah adalah sisa kegiatan manusia atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah umumnya dibuang ke tempat sampah[1], lalu diangkut ke Tempat Penampungan Sementara (TPS) sebelum dibawa ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) untuk diproses secara aman.

Sampah dikelompokkan menjadi tiga jenis: **sampah rumah tangga**, **sampah sejenis sampah rumah tangga**, dan **sampah spesifik** (berbahaya, tidak dapat diolah, atau bersifat tidak periodik)[1]. Pengelolaan sampah di Indonesia meliputi pengurangan sampah (pembatasan, daur ulang, dan pemanfaatan kembali) dan penanganan sampah (pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir).

Pemerintah pusat dan daerah bertanggung jawab membiayai pengelolaan sampah menggunakan APBN dan APBD, serta memberikan kompensasi kepada masyarakat yang terdampak. Masyarakat juga berperan dengan memberikan saran, usulan, dan dukungan dalam kebijakan pengelolaan sampah.

2. “Wow 182,7 Miliar Kantong Plastik Dipakai di Indonesia Setiap Tahun”



Penggunaan kantong plastik, meski terlihat sepele, menimbulkan ancaman besar bagi lingkungan. Menurut studi Travis P. Wagner (2017), setiap tahun masyarakat dunia membuang 5 triliun kantong plastik, yang rata-rata hanya digunakan selama 12 menit sebelum dibuang. Di Indonesia, konsumsi kantong plastik mencapai 182,7 miliar per tahun dengan bobot total 1.278.900 ton, di mana 511.560 ton berakhir di lautan. Sampah kantong plastik menyumbang 40% dari limbah plastik Indonesia, menjadikan negara ini penyumbang sampah plastik ke laut terbesar kedua setelah China[2].

Plastik di laut berdampak buruk pada lingkungan dan kesehatan manusia. Mikroplastik dari makanan laut dan minuman diketahui memiliki efek beracun bagi sel manusia. Setiap tahunnya[2], dunia memperingati **Hari Tanpa Kantong Plastik Sedunia** pada 3 Juli untuk meningkatkan kesadaran akan bahaya kantong plastik sekali pakai, yang memerlukan waktu ratusan tahun untuk terurai.

Sebagai langkah pengendalian, Pemerintah Jawa Barat menerbitkan **PERGUB No. 91 Tahun 2018** tentang pengelolaan sampah rumah tangga dan telah menerapkan kebijakan diet kantong plastik di beberapa kota[2], seperti Bandung, Bogor, Sukabumi, dan Cimahi. Momentum ini diharapkan mendorong masyarakat untuk lebih bijak dalam menggunakan kantong plastik demi menjaga lingkungan[2].

3. “Menumpuknya Sampah di Indonesia”



Sampah adalah material sisa dari aktivitas manusia, hewan, atau tumbuhan yang dibuang ke alam. Masalah sampah menjadi tantangan besar[3], baik di negara berkembang seperti Indonesia maupun negara maju. Di Indonesia, sampah mencapai 67,8 juta ton pada 2020, dengan 37,3% berasal dari rumah tangga dan 17% berupa sampah plastik. Hanya 55,87% sampah yang berhasil dikelola, sisanya belum terolah, menyebabkan pencemaran, bau, dan penyakit[3].

Sampah organik dapat diuraikan dan dimanfaatkan kembali, seperti sisa makanan atau daun kering. Daur ulang menjadi salah satu solusi pengelolaan, misalnya dengan memanfaatkan

sampah untuk bahan bakar listrik atau mengolah sampah seperti botol, kaleng, dan kertas menjadi barang baru[3].

Peningkatan produksi sampah disebabkan oleh pertumbuhan penduduk, pola konsumsi, dan gaya hidup. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan inovasi dan kerja sama[3], seperti rencana Dinas Lingkungan Hidup yang mengubah sampah dan limbah menjadi produk bermanfaat demi mengurangi pencemaran lingkungan.

VII. METODE PENGUMPULAN DATA

Metode pengumpulan data dalam proyek ini dilakukan dengan memanfaatkan sumber-sumber terpercaya yang relevan untuk analisis pengelolaan sampah:

1. Data diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), yang menyediakan statistik produksi sampah per provinsi sebagai dasar pengelompokan wilayah.
2. Data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) berupa laporan pengelolaan sampah tahunan digunakan untuk memahami kondisi dan strategi pengelolaan yang sudah diterapkan.
3. Informasi tambahan diperoleh melalui Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), yang memberikan data lebih rinci terkait manajemen sampah di berbagai daerah di Indonesia.

VIII. PENGUJIAN DATA DENGAN ALGORITMA

Efektivitas pengelolaan sampah dalam persen dapat dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah sampah yang berhasil dikelola dengan total jumlah sampah yang dihasilkan. Berikut adalah rumus umum yang bisa digunakan:

$$\text{Efektivitas Pengelolaan Sampah (\%)} = \left(\frac{\text{Sampah yang Dikelola}}{\text{Total Sampah yang Dihasilkan}} \right) \times 100$$

```

# UAS BigData X
# Import library
import pandas as pd
import numpy as np
from sklearn.cluster import KMeans
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

# Memanggil data dari file Excel
produksi_file = "Produksi_Sampah.xlsx"
efektivitas_file = "Efektivitas_Pengelolaan.xlsx"
provinsi_file = "Provinsi.xlsx"

# Memanggil file Excel
df_produksi = pd.read_excel(produksi_file)
df_efektivitas = pd.read_excel(efektivitas_file)
df_provinsi = pd.read_excel(provinsi_file)

# Validasi apakah kolom yang digunakan
if "Produksi_Sampah" not in df_produksi.columns:
    raise KeyError("Kolom 'Produksi_Sampah' tidak ditemukan di file Produksi_Sampah.xlsx")
if "Efektivitas_Pengelolaan" not in df_efektivitas.columns:
    raise KeyError("Kolom 'Efektivitas_Pengelolaan' tidak ditemukan di file Efektivitas_Pengelolaan.xlsx")
if "Provinsi" not in df_provinsi.columns:
    raise KeyError("Kolom 'Provinsi' tidak ditemukan di file Provinsi.xlsx")

# Menggabungkan ketiga dataframe berdasarkan index
df = pd.concat([df_provinsi["Provinsi"], df_produksi["Produksi_Sampah"], df_efektivitas["Efektivitas_Pengelolaan"]], axis=1)

# Normalisasi data (standarisasi)
features = ["Produksi_Sampah", "Efektivitas_Pengelolaan"]
df_scaled = (df[features] - df[features].mean()) / df[features].std()

# Inisialisasi dan pelatihan K-Means
kmeans = KMeans(n_clusters=4, random_state=42)
df["Cluster"] = kmeans.fit_predict(df_scaled)

# Visualisasi hasil clustering
plt.figure(figsize=(10, 10))
sns.scatterplot(
    x="Produksi_Sampah",
    y="Efektivitas_Pengelolaan",
    hue="Cluster",
    data=df,
    palette="viridis",
    s=100
)

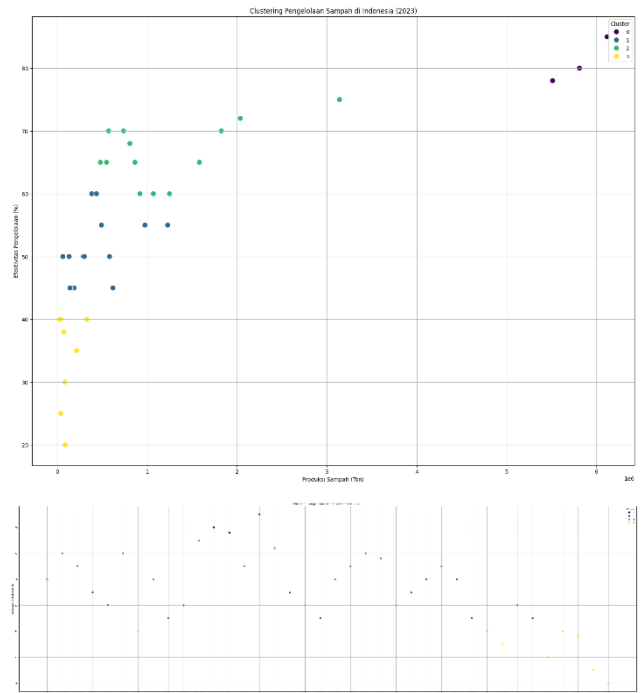
plt.title("Clustering Pengelolaan Sampah di Indonesia (2023)")
plt.xlabel("Produksi Sampah (ton)")
plt.ylabel("Efektivitas Pengelolaan (%)")
plt.legend(title="Cluster")
plt.grid(True)
plt.show()

# Output hasil clustering
print(df)

```

	Provinsi	Produksi_Sampah	Efektivitas_Pengelolaan	Cluster
0	Aceh	928,435	60	2
1	Sumatera Utara	1,827,494	70	2
2	Sumatera Barat	866,161	65	2
3	Riau	976,691	55	1
4	Jambi	291,863	50	1
5	Sumatera Selatan	572,300	70	2
6	Bengkulu	329,616	40	3
7	Lampung	1,250,811	60	2
8	Kepulauan Bangka Belitung	188,310	45	1
9	Kepulauan Riau	583,365	50	1
10	DKI Jakarta	3,141,650	75	2
11	Jawa Barat	5,809,602	80	0
12	Jawa Tengah	5,519,974	78	0
13	Daerah Istimewa Yogyakarta	549,971	65	2
14	Jawa Timur	6,117,228	85	0
15	Banten	2,037,973	72	2
16	Bali	1,229,234	55	1
17	Nusa Tenggara Barat	303,074	50	1
18	Nusa Tenggara Timur	620,842	45	1
19	Kalimantan Barat	1,070,672	60	2
20	Kalimantan Tengah	482,168	65	2
21	Kalimantan Selatan	738,831	70	2
22	Kalimantan Timur	809,331	68	2
23	Kalimantan Utara	63,812	50	1
24	Sulawesi Utara	492,706	55	1
25	Sulawesi Tengah	384,943	60	1
26	Sulawesi Selatan	1,582,378	65	1
27	Sulawesi Tenggara	437,958	60	1
28	Gorontalo	152,050	45	3
29	Sulawesi Barat	46,343	40	3
30	Maluku	216,767	35	3
31	Maluku Utara	134,127	50	1
32	Papua	142,510	45	1
33	Papua Barat	88,208	30	3
34	Papua Selatan	26,483	40	3
35	Papua Tengah	74,326	38	3
36	Papua Pegunungan	41,244	25	3
37	Papua Barat Daya	89,701	20	3

IX. HASIL DAN KESIMPULAN



Hasil Analisis

1. Pengelompokan Data:

- Dengan algoritma K-Means, provinsi di Indonesia dikelompokkan ke dalam 4 cluster berdasarkan dua variabel utama: **Produksi Sampah** (dalam ton) dan **Efektivitas Pengelolaan** (dalam persen).
- Cluster tersebut menggambarkan perbedaan pola antara provinsi dengan produksi sampah tinggi dan efektivitas pengelolaan yang rendah hingga provinsi dengan produksi rendah tetapi efektivitas tinggi.

2. Ciri-Ciri Cluster:

- Cluster 0:** Provinsi dengan produksi sampah tinggi dan efektivitas pengelolaan yang relatif baik, seperti DKI Jakarta dan Jawa Timur.
- Cluster 1:** Provinsi dengan produksi sampah sedang dan efektivitas pengelolaan yang tinggi, seperti Bali dan Yogyakarta.
- Cluster 2:** Provinsi dengan produksi sampah rendah tetapi efektivitas pengelolaan rendah, seperti Papua Barat Daya dan Papua Pegunungan.

- **Cluster 3:** Provinsi dengan produksi sampah rendah hingga sedang, tetapi efektivitas pengelolaan sedang, seperti Sulawesi Tengah.

3. Visualisasi:

- Grafik scatter plot menunjukkan distribusi data antar cluster berdasarkan variabel produksi sampah dan efektivitas pengelolaan, dengan perbedaan warna antar cluster untuk membantu memahami pola pengelompokan.

4. Data Penting:

- Provinsi dengan produksi sampah tertinggi adalah **Jawa Timur** (6.117.220 ton).
- Provinsi dengan efektivitas pengelolaan terbaik adalah **Jawa Barat** (80%).

<https://www.kabarpendidikan.id/2022/03/menumpuknya-sampah-di-indonesia.html>.

- [4] Zhao, W., et al. (2015). *Traffic Analysis Using K-Means Clustering*.
- [5] Prasetyo, H., et al. (2020). *Optimization of Waste Management in Indonesia Using Clustering Techniques*.
- [6] Lee, S., et al. (2018). *Energy Resource Management Using Clustering Algorithms*.
- [7] Gupta, R., et al. (2019). *Urban Waste Management Zones Classification with K-Means*.
- [8] Rahmawati, S., et al. (2021). *Clustering Flood Vulnerability Areas in Indonesia Using K-Means*.
- [9] Chen, X., et al. (2020). *Distribution Analysis of Healthcare Facilities Using Clustering Techniques*.
- [10] Badan Pusat Statistik (2023). *Statistik Sampah Nasional*.
- [11] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023). *Laporan Pengelolaan Sampah Tahunan*.
- [12] Jain, A. K., et al. (2010). *Data Clustering: 50 Years Beyond K-Means*.

Kesimpulan

Hasil clustering menunjukkan hubungan antara produksi sampah dan efektivitas pengelolaan di setiap provinsi, yang dapat digunakan untuk menentukan prioritas pengelolaan sampah. Provinsi dengan produksi sampah tinggi dan efektivitas rendah (Cluster 2) perlu mendapat alokasi sumber daya lebih melalui peningkatan fasilitas, teknologi, dan kampanye kesadaran. Daerah di Cluster 0 perlu fokus pada peningkatan efisiensi dengan teknologi modern, sementara Cluster 2 dan 3 memerlukan edukasi tentang pengelolaan sampah. Temuan ini membantu pengambil kebijakan menyusun program berbasis data, seperti alokasi anggaran dan kampanye lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hendra Fridolin Ananda Sudater Siagian. (2020). "Pengelolaan Sampah Di Indonesia." <https://www.djkn.kemenkeu.go.id/kpknl-lahat/baca-artikel/14891/Pengelolaan-Sampah-di-Indonesia.html>.
- [2] Citarum Harum Juara. (2024). "Wow 182,7 Miliar Kantong Plastik Dipakai di Indonesia Setiap Tahun." <https://citarumharum.jabarprov.go.id/wow-1827-miliar-kantong-plastik-dipakai-di-indonesia-setiap-tahun/>.
- [3] Regita Dwi Cahyani. (2022). "Menumpuknya Sampah di Indonesia."