

Analisis Kepuasan Pelanggan Perumda Tirtanadi Menggunakan Metode Fuzzy K-Means

Sultan Zaky¹, Indah Purnama Sari^{2*}

¹ Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Sistem Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

² Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 00 Januari 00

Revisi Akhir: 00 Februari 00

Diterbitkan Online: 00 Maret 00

KATA KUNCI

kepuasan pelanggan; kualitas layanan; fuzzy k-means; klasterisasi

KORESPONDENSI

Phone: +6281362278570

E-mail: indahpurnama@umsu.ac.id

A B S T R A K

Perumda Tirtanadi sebagai penyedia layanan air bersih memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan masyarakat, sehingga kepuasan pelanggan menjadi indikator utama dalam menilai kualitas pelayanan. Namun, tingkat kepuasan pelanggan masih bervariasi dan belum dikelompokkan secara sistematis berdasarkan karakteristiknya, sehingga diperlukan metode analisis yang mampu mengelompokkan pelanggan ke dalam segmen kepuasan secara lebih akurat dan fleksibel. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat kepuasan pelanggan Perumda Tirtanadi dengan mengelompokkan responden ke dalam beberapa klaster menggunakan metode Fuzzy K-Means. Metode yang digunakan adalah Fuzzy K-Means Clustering, yaitu teknik pengelompokan data yang memungkinkan satu data memiliki derajat keanggotaan pada lebih dari satu klaster. Data dikumpulkan melalui kuesioner yang disebarkan kepada pelanggan dengan indikator kepuasan meliputi kualitas air, ketepatan waktu distribusi, kecepatan penanganan keluhan, dan kualitas pelayanan petugas. Data diolah melalui tahapan preprocessing, penentuan jumlah klaster optimal, inisialisasi pusat klaster, perhitungan derajat keanggotaan, dan iterasi hingga konvergen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelanggan dapat dikelompokkan menjadi beberapa klaster kepuasan, yaitu tinggi, sedang, dan rendah, dengan nilai keanggotaan fuzzy yang mencerminkan kecenderungan pelanggan terhadap masing-masing klaster. Faktor kualitas air dan kecepatan penanganan keluhan menjadi indikator paling dominan yang memengaruhi pengelompokan tingkat kepuasan. Dapat disimpulkan bahwa metode Fuzzy K-Means efektif digunakan untuk mengidentifikasi pola kepuasan pelanggan Perumda Tirtanadi secara lebih rinci dibandingkan metode klasterisasi konvensional, karena mampu merepresentasikan ketidakpastian dalam pengelompokan data. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan evaluasi bagi Perumda Tirtanadi dalam meningkatkan kualitas layanan, khususnya pada segmen pelanggan dengan tingkat kepuasan rendah.

PENDAHULUAN

Kepuasan pelanggan merupakan indikator penting dalam menilai keberhasilan perusahaan penyedia layanan publik. Bagi Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Tirtanadi sebagai penyedia layanan air minum, tingkat kepuasan pelanggan tidak hanya mencerminkan kemampuan perusahaan dalam memenuhi kebutuhan dasar masyarakat terhadap air bersih, tetapi juga berpengaruh terhadap citra dan keberlangsungan perusahaan.

Meskipun demikian, Perumda Tirtanadi masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti keluhan mengenai kualitas air, gangguan distribusi, dan keterlambatan penanganan pengaduan. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara ekspektasi pelanggan dan layanan yang diberikan, yang dapat berdampak pada menurunnya tingkat kepuasan serta loyalitas pelanggan.

Oleh karena itu, diperlukan upaya evaluasi yang lebih terstruktur untuk memahami kebutuhan pelanggan secara lebih mendalam. Dalam era digital, teknologi informasi memungkinkan perusahaan untuk melakukan analisis data pelanggan secara lebih efektif. Salah satu pendekatan yang relevan adalah analisis klustering, yang dapat mengelompokkan pelanggan berdasarkan karakteristik dan tingkat kepuasan mereka. Teknik ini membantu perusahaan dalam merumuskan strategi layanan yang lebih terarah. Metode Fuzzy K-Means dipilih karena kemampuannya menangani data yang bersifat tidak pasti[5]. Berbeda dengan metode klustering konvensional, pendekatan ini memungkinkan setiap data memiliki tingkat keanggotaan pada lebih dari satu kelompok, sehingga memberikan representasi yang lebih realistis[6]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam meningkatkan akurasi pengelompokan serta efisiensi analisis.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Fuzzy K-Means dalam menganalisis tingkat kepuasan pelanggan Perumda Tirtanadi. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat membantu perusahaan mengidentifikasi segmen pelanggan yang membutuhkan perhatian khusus, meningkatkan kualitas layanan, serta mendukung pengambilan keputusan strategis dalam upaya meningkatkan kepuasan pelanggan secara menyeluruh.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Kepuasan Pelanggan

Kepuasan pelanggan merupakan perasaan senang atau kecewa seseorang yang muncul setelah membandingkan antara persepsi atau kesannya terhadap kinerja suatu produk atau jasa dengan harapan-harapannya. Kepuasan adalah perasaan senang atau kecewa seseorang yang timbul karena membandingkan kinerja yang dipersepsikan produk atau hasil terhadap ekspektasi mereka [1,2].

Dalam hal pelayanan publik, kepuasan pelanggan menjadi indikator penting dalam mengukur kualitas layanan yang diberikan oleh suatu institusi. Kepuasan pelanggan merupakan evaluasi purna beli dimana alternatif yang dipilih sekurang-kurangnya sama atau melampaui harapan pelanggan [3,4].

Clustering (Pengelompokan Data)

Clustering atau analisis klaster adalah metode pengelompokan data ke dalam beberapa kelompok atau cluster sehingga data dalam satu kelompok memiliki kemiripan yang tinggi, namun memiliki perbedaan yang jelas dengan data di kelompok lain. [6,7] menjelaskan bahwa clustering merupakan proses pengelompokan sejumlah data atau objek ke dalam cluster atau group sehingga setiap cluster akan berisi data yang semirip mungkin. Metode ini termasuk dalam kategori unsupervised learning, dimana tidak memerlukan data training atau label kelas yang telah ditentukan sebelumnya. Clustering bekerja dengan cara mengidentifikasi pola dan struktur dalam data berdasarkan kemiripan atau jarak antar objek data [8,9].

Dalam penerapannya, clustering sangat berguna untuk eksplorasi data, terutama ketika struktur data belum diketahui sebelumnya. Metode ini memungkinkan peneliti atau analis untuk menemukan kelompok-kelompok natural yang ada dalam data tanpa harus mendefinisikan kriteria pengelompokan secara eksplisit di awal. Hasil clustering dapat memberikan insight atau pemahaman baru tentang data yang dianalisis, seperti menemukan segmen pelanggan yang berbeda, mengidentifikasi pola perilaku, atau mendeteksi anomali dalam data [10,11].

Fuzzy Logic (Logika Fuzzy)

Logika fuzzy merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output dengan mempertimbangkan ketidakpastian dan ketidaktegasan dalam data. Logika fuzzy memberikan framework matematis untuk merepresentasikan dan memanipulasi konsep-konsep linguistik yang tidak pasti [12].

Metode Fuzzy K-Means

Metode ini merupakan pengembangan dari algoritma K-Means konvensional dengan mengintegrasikan konsep logika fuzzy, dimana setiap titik data dapat menjadi anggota dari beberapa cluster secara bersamaan dengan derajat keanggotaan tertentu. Berbeda dengan K-Means yang menghasilkan hard clustering dimana setiap data hanya dapat menjadi anggota dari satu cluster saja, FCM menghasilkan soft clustering yang lebih fleksibel dan realistis dalam menangani data yang memiliki overlap atau batas yang tidak jelas antar cluster [13,14].

Metode Fuzzy K-Means memiliki beberapa karakteristik utama yang membedakannya dari metode clustering lainnya. Karakteristik pertama adalah soft clustering, dimana setiap data point memiliki derajat keanggotaan pada setiap cluster dengan nilai antara 0 dan 1. Hal ini berbeda dengan hard clustering yang hanya memberikan keanggotaan biner, yaitu anggota atau bukan anggota. Karakteristik kedua adalah fleksibilitas dalam menangani data yang memiliki overlap antar cluster, sehingga data yang berada di perbatasan dua cluster dapat direpresentasikan dengan derajat keanggotaan yang

sesuai pada kedua cluster tersebut. Karakteristik ketiga adalah sifat iteratif dari proses perhitungan, dimana algoritma melakukan perhitungan berulang untuk memperbarui centroid cluster dan matriks keanggotaan hingga mencapai konvergensi atau kriteria berhenti terpenuhi. Karakteristik keempat adalah sensitivitas terhadap inisialisasi, dimana hasil clustering dapat bervariasi tergantung pada pemilihan centroid awal atau inisialisasi matriks keanggotaan. Karakteristik terakhir adalah bahwa metode ini berbasis jarak, umumnya menggunakan jarak Euclidean untuk mengukur kemiripan atau kedekatan antar data dengan centroid cluster. Jarak yang lebih dekat akan menghasilkan derajat keanggotaan yang lebih tinggi [15,16].

Validasi Cluster

Validasi hasil clustering merupakan tahap penting untuk mengevaluasi kualitas pengelompokan yang telah dilakukan. Beberapa indeks validasi telah dikembangkan untuk mengukur seberapa baik hasil clustering. Indeks pertama adalah Partition Coefficient (PC) yang mengukur tingkat overlap antar cluster dengan cara menghitung rata-rata kuadrat dari nilai keanggotaan. Nilai PC berkisar antara 0 hingga 1, dimana nilai yang mendekati 1 menunjukkan clustering yang baik dengan overlap yang minimal antar cluster [17,18]. PC dihitung dengan menjumlahkan kuadrat semua nilai keanggotaan dalam matriks partisi dibagi dengan jumlah data, sehingga memberikan gambaran tentang seberapa jelas pemisahan antar cluster.

Indeks kedua adalah Partition Entropy yang mengukur tingkat kekaburan atau fuzziness dari hasil clustering. PE dihitung berdasarkan konsep entropi dalam teori informasi, dimana nilai keanggotaan fuzzy diperlakukan sebagai probabilitas. Nilai PE yang mendekati 0 menunjukkan clustering yang baik dengan tingkat kekaburan yang rendah. Indeks ketiga adalah Silhouette Coefficient yang mengukur seberapa mirip suatu objek dengan cluster-nya sendiri dibandingkan dengan cluster lain. Nilai ini berkisar antara minus satu hingga satu, dimana nilai positif yang tinggi menunjukkan bahwa objek ditempatkan dengan baik dalam cluster-nya. Indeks keempat adalah Davies-Bouldin Index yang mengukur rasio antara within-cluster distance dan between-cluster distance, dimana nilai yang lebih rendah menunjukkan clustering yang lebih baik [19,20,21].

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis, meliputi observasi, identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, serta analisis menggunakan metode klastering Fuzzy K-Means.

Observasi

Tahap awal dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap kepuasan pelanggan di Perumda Tirtanadi. Tujuannya adalah memperoleh gambaran awal kondisi layanan serta masalah yang dihadapi pelanggan, sehingga dapat menjadi dasar dalam perumusan masalah penelitian.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan hasil observasi, dilakukan identifikasi masalah untuk menemukan isu yang relevan dan signifikan. Proses ini bertujuan merumuskan fokus penelitian yang jelas serta mengungkap adanya kesenjangan antara harapan pelanggan dan kualitas layanan yang diberikan perusahaan.

Studi Literatur

Tahap ini mencakup kajian terhadap berbagai sumber ilmiah seperti jurnal, buku, artikel, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan kepuasan pelanggan serta metode klastering. Studi literatur dilakukan untuk mengidentifikasi research gap, memperkuat dasar teori, menyusun kerangka berpikir, dan merumuskan hipotesis penelitian.

Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan melalui kuesioner terstruktur yang dirancang untuk mengukur tingkat kepuasan pelanggan terhadap layanan Perumda Tirtanadi. Pendekatan ini dipilih karena mampu menghasilkan data kuantitatif yang objektif dan dapat mendukung hasil observasi.

Klastering Data

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan algoritma Fuzzy K-Means. Proses ini mengelompokkan pelanggan ke dalam beberapa klaster berdasarkan kemiripan karakteristik kepuasan mereka.[8] Berbeda dengan klastering konvensional, metode ini memungkinkan setiap data memiliki tingkat keanggotaan pada lebih dari satu klaster, sehingga memberikan hasil yang lebih fleksibel. Tujuan tahap ini adalah mengidentifikasi pola kepuasan pelanggan,

menyederhanakan kompleksitas data, serta mendukung pengambilan keputusan strategis perusahaan. Algoritma Fuzzy K-Means di implementasikan menggunakan Google Colaboratory (Colab).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil kuesioner mengenai penilaian kinerja PDAM Tirtanadi, data yang terkumpul kemudian diolah dengan memetakan beberapa variabel kepuasan pelanggan. Variabel yang digunakan mencakup kepuasan terhadap harga layanan, kualitas pelayanan air secara keseluruhan, kelancaran aliran air, daya tanggap petugas dalam menangani keluhan, serta kualitas air yang disediakan. Seluruh variabel tersebut diukur menggunakan skala Likert untuk memperoleh gambaran kuantitatif mengenai tingkat kepuasan masyarakat terhadap PDAM Tirtanadi. Hasil pengukuran ini menjadi dasar dalam proses evaluasi kinerja dan perbaikan pelayanan di masa mendatang.

Tabel 1. Hasil Kuisisioner kepuasan pelanggan

No	Klaster	Responden
1	Positif	89
2	Negatif	5
3	Netral	389

Pra-Pemrosesan Data

Sebelum dilakukan klusterisasi dengan metode Fuzzy K-Means, data opini terbuka responden diproses melalui tahapan pra-pemrosesan agar dapat dianalisis secara komputasional. Proses ini bertujuan untuk membersihkan teks mentah dan mengubahnya menjadi bentuk representasi numerik menggunakan TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency). Tahapan pra-pemrosesan meliputi:

Case Folding, yaitu mengubah seluruh huruf kapital menjadi huruf kecil agar kata dapat dikenali secara konsisten.

Tabel 2. Hasil Case Folding

Input	Output
Karena, harga YG di berikan masih terjangkau	karena, harga yg di berikan masih terjangkau

Filtering, yakni menghapus simbol atau karakter non-alfabet untuk mengurangi noise dalam data.

Tabel 3. Hasil Filtering

Input	Output
karena, harga yg di berikan masih terjangkau	karena harga yg diberikan masih terjangkau

Stemming, yaitu mengembalikan kata ke bentuk dasarnya dengan menghilangkan imbuhan, sehingga makna inti lebih mudah dianalisis.

Tabel 4. Hasil Stemming

Input	Output
karena harga yg diberikan masih terjangkau	karena harga yg beri masih terjangkau

Tokenizing, yakni memisahkan teks menjadi potongan kata (token) per kalimat.

Tabel 4. Hasil Tokenizing

Input	Output
karena harga yg beri masih terjangkau	karena, harga, yg, beri, masih, terjangkau

Perhitungan TF-IDF, yaitu mengubah teks hasil preprocessing menjadi representasi numerik melalui pembobotan kata berdasarkan tingkat kepentingannya dalam dokumen. Proses ini dilakukan menggunakan Google Colaboratory.

Implementasi

Setelah data direpresentasikan, proses analisis dilakukan menggunakan Google Colab dengan metode Fuzzy K-Means. Berbeda dengan hard clustering yang hanya memberi satu label pasti, Fuzzy K-Means memungkinkan setiap data memiliki derajat keanggotaan terhadap lebih dari satu cluster. Nilai ini berada pada rentang 0–1[9], di mana semakin mendekati 1 berarti semakin besar kedekatan data dengan suatu cluster.

Dalam penerapannya, jumlah cluster ditentukan sejak awal, misalnya tiga cluster untuk sentimen negatif, netral, dan positif. Proses pengelompokan dilakukan secara iteratif, dimulai dari penentuan pusat cluster awal, lalu menghitung derajat keanggotaan tiap data berdasarkan jarak ke pusat cluster[10]. Setelah itu, pusat cluster diperbarui dengan rata-rata berbobot sesuai nilai keanggotaan. Siklus ini terus berulang hingga kondisi konvergen, yaitu ketika perubahan pusat cluster sudah sangat kecil atau memenuhi kriteria penghentian.

Tahap awal adalah penginputan dataset berformat .csv yang berisi atribut seperti nama, opini, dan label. Dataset ini menjadi dasar dalam proses analisis sentimen.

```
# =====
# 1. Baca Dataset
# =====
data = pd.read_csv("../dataset_1.csv", delimiter=';')
print(data.head(10))
```

	nama	opini
0	AI	Karena, harga yg di berikan masih terjangkau
1	Rahmat	Karena PDAM memberikan harga yg standar
2	Rini	Karena masih terjangkau
3	Deni	Sebab harga PDAM Sibolga masih terjangkau selu...
4	Arif	Sangat membantu
5	Agung	Karna sesuai pemakaian
6	Yuli	Harga terjangkau dikalangan masyarakat menengah...
7	Eni	Karna harga masih terjangkau dan bisa buat keb...
8	Hadi	Sangat puas
9	Hawan	Karena menurut saya sesuai dengan yang dipakai

Gambar 1. Proses Input Data dengan Google Colab

Sebelum proses clustering, dilakukan preprocessing untuk memastikan data bersih, terstruktur, dan konsisten. Hasil preprocessing berupa cleaned text yang siap direpresentasikan dengan TF-IDF Vectorizer.

```
stop_words = set(stopwords.words('indonesian'))
# Inisialisasi Stemmer
factory = StemmerFactory()
stemmer = factory.create_stemmer()

def preprocess_text(text):
    # 2.1. Case Folding (mengubah ke huruf kecil)
    text = text.lower()
    # 2.2. Filtering (menghapus karakter selain huruf)
    text = re.sub(r'[^a-zA-Z\s]', '', text)
    # 2.3. Tokenizing (memecah teks menjadi kata-kata)
    tokens = word_tokenize(text)
    # 2.4. Stopword Removal (menghapus kata umum yang tidak bermakna)
    stop_words = set(stopwords.words('indonesian'))
    filtered_tokens = [word for word in tokens if word not in stop_words]
    # 2.5. Stemming (mengubah kata menjadi bentuk dasar)
    stemmed_tokens = [stemmer.stem(word) for word in filtered_tokens]
    # 2.6. Menggabungkan hasil akhir
    processed_text = ' '.join(stemmed_tokens)

    return processed_text

data['cleaned_text'] = data['opini'].apply(preprocess_text)
data['cleaned_text'].head(10)
```

	cleaned_text
0	harga yg terjangkau
1	ndam harga vn standar

Gambar 2. Proses preprocessing dengan Google Colab

Pada tahap ini, teks diubah menjadi representasi numerik berbobot yang menggambarkan tingkat kepentingan kata dalam dokumen. Hasil representasi digunakan sebagai input utama dalam Fuzzy K-Means.

```
# =====
# 3. TF-IDF
# =====
vectorizer = TfidfVectorizer(max_features=5000)
X = vectorizer.fit_transform(data['cleaned_text']).toarray()

features = vectorizer.get_feature_names_out()
tfidf_df = pd.DataFrame(X, columns=features)
print(tfidf_df.head())
```

	air	airtidak	alas	alir	anggap	bagus	bana	banding	bantu	bawah	...	\
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	...
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	...
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	...
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	...
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	...

	terima	terkadang	tinggi	tingkat	tirta	tsb	tugas	warga	ya	yg
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.679385
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.415485
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000

[5 rows x 141 columns]

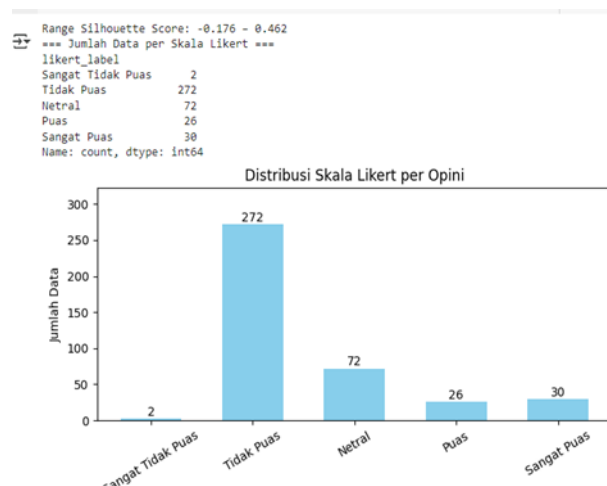
Gambar 3. Proses TF-IDF Vectorizer dengan Google Colab

Penerapan Fuzzy K-Means Clustering dengan library scikit-fuzzy diterapkan untuk membagi data menjadi tiga cluster yaitu cluster 0, 1, dan 2, berbeda dengan K-Means, setiap data pada Fuzzy K-Means memiliki derajat keanggotaan (0–1) terhadap semua cluster. Semakin tinggi nilainya, semakin kuat keterkaitan data dengan cluster tertentu. Hasil analisis menunjukkan opini pelanggan terhadap harga layanan PDAM Tirtanadi terbagi ke dalam tiga sentimen yaitu positif (mayoritas menilai harga terjangkau sesuai layanan), netral (berisi pernyataan wajar tanpa kecenderungan kuat) dan negatif (menyatakan harga masih terlalu tinggi).

	opini	predicted_sentiment
0	Karena, harga yg di berikan masih terjangkau	Positif
1	Karena PDAM memberikan harga yg standar	Positif
2	Karena masih terjangkau	Positif
3	Sebab harga PDAM Sibolga masih terjangkau selu...	Positif
4	Sangat membantu	Netral
5	Karna sesuai pemakaian	Netral
6	Harga terjangkau dikalangan masyarakat menengah...	Positif
7	Karna harga masih terjangkau dan bisa buat keb...	Positif
8	Sangat puas	Netral
9	Karena menurut saya sesuai dengan yang dipakai	Netral
10	Harga sesuai kualitas	Netral
11	Harganya normal	Netral
12	Harga stabil sesuai dengan pemakaian	Netral
13	Terjangkau	Positif
14	Di tempat kami air PAM hidup hanya di malam hari	Netral
15	karena air lancar	Netral
16	Air lancar terus	Netral
17	Ya karena masih terjangkau	Positif
18	Biasa saja	Netral
19	air bersih dan lancar	Netral

Gambar 4. Hasil Fuzzy K-Means dengan Google Colab

Selanjutnya, Tahap evaluasi dilakukan dengan silhouette score, skala Likert, dan visualisasi word cloud.



Gambar 5. Hasil silhouette score dengan Google Colab

Tahap berikutnya adalah visualisasi WordCloud untuk setiap cluster. WordCloud digunakan untuk menampilkan kata-kata dominan yang muncul dalam masing-masing cluster hasil klasterisasi.



Gambar 5. Hasil visualisasi WordCloud dengan Google Colab

Distribusi Cluster (3 Sentimen: Negatif, Netral, Positif)

Berdasarkan hasil klasterisasi menggunakan metode Fuzzy K-Means, opini pelanggan berhasil dikelompokkan ke dalam tiga cluster utama:

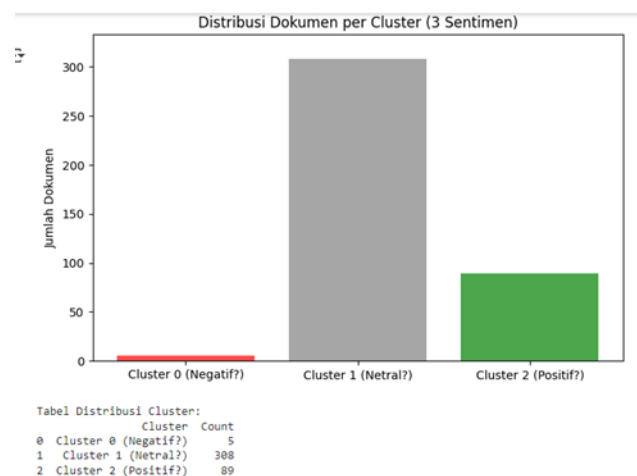
Cluster 0 (Negatif) → berisi opini pelanggan terkait keluhan, seperti keterlambatan distribusi, kualitas air yang dianggap kurang baik, serta biaya layanan yang dinilai mahal.

Cluster 1 (Netral) → memuat opini yang bersifat deskriptif atau informatif tanpa kecenderungan emosi tertentu, misalnya tentang tagihan, kondisi pipa, maupun pelayanan rutin.

Cluster 2 (Positif) → berisi apresiasi pelanggan terhadap kualitas layanan, seperti air yang bersih, pelayanan yang responsif, serta kepuasan terhadap layanan secara keseluruhan.

Proporsi distribusi ini memberikan gambaran umum tentang persepsi pelanggan terhadap PDAM Tirtanadi, apakah lebih dominan ke arah positif, netral, atau negatif. Informasi tersebut dapat menjadi dasar penting dalam strategi perbaikan maupun peningkatan kualitas pelayanan.

Sebagai kelanjutan dari hasil tersebut, visualisasi pada Gambar distribusi cluster menunjukkan bagaimana dokumen opini pelanggan terbagi ke dalam tiga cluster. Tampak adanya area tumpang tindih akibat sifat fuzzy dari metode Fuzzy K-Means, di mana satu opini dapat memiliki derajat keanggotaan pada lebih dari satu cluster. Hal ini menegaskan bahwa metode Fuzzy K-Means mampu menggambarkan kompleksitas persepsi pelanggan secara lebih realistis dibandingkan metode klusterisasi konvensional.



Gambar 7. Hasil Distribusi Cluster dengan Google Colab

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis kepuasan pelanggan Perumda Tirtanadi menggunakan metode Fuzzy K-Means, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut: Metode Fuzzy K-Means terbukti efektif digunakan untuk mengelompokkan pelanggan Perumda Tirtanadi ke dalam beberapa kluster kepuasan, yaitu kluster kepuasan tinggi, sedang, dan rendah, dengan merepresentasikan derajat keanggotaan setiap pelanggan pada masing-masing kluster secara lebih fleksibel dibandingkan metode klusterisasi konvensional seperti K-Means biasa. Indikator kualitas air dan kecepatan penanganan keluhan merupakan faktor yang paling dominan dalam memengaruhi pengelompokan tingkat kepuasan pelanggan, sehingga kedua aspek tersebut menjadi prioritas utama yang perlu diperhatikan oleh Perumda Tirtanadi. Pendekatan fuzzy pada metode ini mampu mengakomodasi ketidakpastian dan tumpang tindih karakteristik kepuasan antar pelanggan, sehingga hasil pengelompokan yang diperoleh lebih realistis dan merepresentasikan kondisi kepuasan pelanggan yang sesungguhnya. Segmen pelanggan dengan tingkat kepuasan rendah perlu menjadi perhatian khusus bagi manajemen Perumda Tirtanadi melalui perbaikan kualitas layanan, terutama pada aspek distribusi air dan penanganan keluhan, guna meningkatkan kepuasan pelanggan secara keseluruhan. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi dan pengambilan keputusan strategis bagi Perumda Tirtanadi dalam merumuskan kebijakan peningkatan mutu pelayanan yang lebih tepat sasaran berdasarkan karakteristik masing-masing kluster pelanggan.

DAFTAR PUSTAKA

Referensi Cetak:

Buku

- [1] Andi Zulherry, Muhammad Basri, Muhammad Haris, Ferdy Riza, Zuli Agustina Gultom, Farid Akbar Siregar, Okvi Nugroho, Mahardika Abdi Prawira Tanjung. *Komunikasi Data dan Jaringan Komputer*. Medan: UMSU Press, 2025, pp. 202.
- [2] Indah Purnama Sari. *Algoritma dan Pemrograman*. Medan: UMSU Press, 2023, pp. 290.
- [3] Indah Purnama Sari. *Buku Ajar Pemrograman Internet Dasar*. Medan: UMSU Press, 2022, pp. 300.
- [4] Indah Purnama Sari. *Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak*. Medan: UMSU Press, 2021, pp. 228.
- [5] Janner Simarmata Arsan Kumala Jaya, Syarifah Fitrah Ramadhani, Niel Ananto, Abdul Karim, Betrisandi, Muhammad Ilham Alhari, Cucut Susanto, Suardinata, Indah Purnama Sari, Edson Yahuda Putra. *Komputer dan Masyarakat*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.162.
- [6] Mahdianta Pandia, Indah Purnama Sari, Alexander Wirapraja Fergie Joanda Kaunang, Syarifah Fitrah Ramadhani Stenly Richard Pungus, Sudirman, Suardinata Jimmy Herawan Moedjahedy, Elly Warni, Debby Erce Sondakh. *Pengantar Bahasa Pemrograman Python*. Medan : Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.180
- [7] Zelvi Gustiana Arif Dwinanto, Indah Purnama Sari, Janner Simarmata Mahdianta Pandia, Supriadi Syam, Semmy Wellem Taju Fitrah Eka Susilawati, Asmah Akhriana, Rolly Junius Lontaan Fergie Joanda Kaunang. *Perkembangan Teknologi Informatika*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.158

Jurnal

- [8] Dr. Meithiana Indrasari, *Pemasaran Dan Kepuasan Pelanggan*, 1st Ed., Vol. 11, No. 1. Surabaya: UNITOMO PRESS, 2019. [Online]. Available: [Http://Sciotea.Caf.Com/Bitstream/Handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.Pdf?Sequence=12&Isallowed=Y%0Ahttp://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://Www.Researchgate.Net/Publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTAR](http://Sciotea.Caf.Com/Bitstream/Handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.Pdf?Sequence=12&Isallowed=Y%0Ahttp://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://Www.Researchgate.Net/Publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTAR) I
- [9] A Zulherry, FA Siregar, ZA Gultom, EA Raihan (2023). Optimalisasi Website untuk Monitoring Jaringan OPD di Dinas Kominfo Kota Medan dengan Metode Triangulasi. *Bulletin of Computer Science Research* 3 (5), 357-363
- [10] Sari, I.P., Hariani, P.P., Al-Khowarizmi, A., Ramadhani, F., Sulaiman, O.K., Satria, A., & Manurung, A.A. (2024). CLUSTERING HIV/AIDS DISEASE USING K-MEANS CLUSTERING ALGORITHM. *Proceeding International Seminar on Islamic Studies* 5 (1), 1668-1676
- [11] Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Sulaiman, O.K. Leukocoria Identification: A 5-Fold Cross Validation CNN and Adaboost Hybrid Approach. 2023 6th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI), 486-491
- [12] Manurung, A.A., Nasution, M.D., & Sari, I.P. (2023). Implementation of Fuzzy K-Nearest Neighbor Method in Dengue Disease Classification. 2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), 1-4
- [13] I. Suhaila, "Analisis Kualitas Pelayanan Air Minum Pada Perusahaan Daerah Air Minum (Pdam) Tirtanadi Cabang Tuasan Skripsi Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Strata Satu (S1) Di Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik Universitas Medan Area OL," 2020.
- [14] AT Bisono, A Zulherry (2025). Analisis Sentimen Game Genshin Impact untuk Mengetahui Reaksi dan Harapan Pemain Menggunakan Metode Naïve Bayes. *sudo Jurnal Teknik Informatika* 4 (2), 183-193
- [15] T. Alfina, B. Santosa, And A. R. Barakbah, "Analisa Perbandingan Metode Hierarchical Clustering, K-Means Dan Gabungan Keduanya Dalam Cluster Data," *Teknik Its*, Vol. 1, No. 1, Pp. 521–525, 2012, [Online]. Available: [Http://Www.Ejurnal.Its.Ac.Id/Index.Php/Teknik/Article/View/1794](http://Www.Ejurnal.Its.Ac.Id/Index.Php/Teknik/Article/View/1794)
- [16] Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Apdilah, D. (2023). Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 2 (3), 146-157
- [17] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A, Sulaiman, O.K., & Apdilah, D. (2023). Implementation of Data Classification Using K-Means Algorithm in Clustering Stunting Cases. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 4 (2), 402-412
- [18] Sulaiman, O.K & Batubara, I.H. (2021). Implementation Data Mining For Level Analysis Traffic Violation By Algorithm Association Rule. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIoCSIT) Journal* 2 (2), 128-135
- [19] A Zulherry, TS Gunawan, W Wanayumini (2021). Analisis Hasil Pendukung Keputusan Mendapatkan Rumah Dinas Perusahaan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 2021
- [20] I. Dan And K. Tik, "Pemanfaatan Metode Clustering Untuk Memiliki Keterampilan Teknologi," Vol. 02, No. 02, Pp. 36–41, 2023.

- [21] A Ichsan, A Zulherry, TA Lubis, BAZ Shahnaz (2025). Utilization of Mobile Applications to Speed Up The Search for Android-Based Index Places. *IJATCoS: Indonesian Journal of Applied Technology, Computer and Science* 2 (1)
- [22] Sari, I.P., Batubara, I.H., & Al-Khowarizmi, A. (2021). Sensitivity Of Obtaining Errors In The Combination Of Fuzzy And Neural Networks For Conducting Student Assessment On E-Learning. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)* 2 (1), 331-338
- [23] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., & Batubara, I.H. (2021). Cluster Analysis Using K-Means Algorithm and Fuzzy C-Means Clustering For Grouping Students' Abilities In Online Learning Process. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 2 (1), 139-144
- [24] Apdilah, D., & Sari, I.P. (2021). Optimization Of The Fuzzy C-Means Cluster Center For Credit Data Grouping Using Genetic Algorithms. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIOCSIT) Journal* 2 (2), 156-163
- [25] W. Budiono, I. Nugroho, N. A. Santoso, And G. Gunawan, "Penerapan Metode Fuzzy K-Means Clustering Untuk Pengelompokan Konten Halaman Web Secara Otomatis," *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, Vol. 4, No. 3, Pp. 13232–13241, 2024.
- [26] Y. K. Siregar, "Analisis Perbandingan Algoritma Fuzzy C-Means Dan K-Means," *Annual Research Seminar* 2016, Vol. 2, No. 1, Pp. 151–155, 2016.
- [27] A Zulherry (2023) Decision making for network security with simple additive weighting method. *Journal of Intelligent Decision Support System (IDSS)* 6 (3), 155-159
- [28] F. Malahati, A. U. B, P. Jannati, Q. Qathrunnada, And S. Shaleh, "Kualitatif: Memahami Karakteristik Penelitian Sebagai Metodologi," *Jurnal Pendidikan Dasar*, Vol. 11, No. 2, Pp. 341–348, 2023, Doi: 10.46368/Jpd.V11i2.902.
- [29] A. Lesmana, "Penerapan Logika Fuzzy K-Means Untuk Clustering Pengelolaan Data Obat Pada Skripsi Oleh : Alfian Lesmana Clustering Pengelolaan Data Obat Pada Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Di Fakultas Teknik Universitas Medan Area Oleh," 2023.
- [30] M Basri, A Zulherry (2025). Analysis of the Impact of Gambling and Online Loans in the Perspective of Informatics, Islam, and Kemuhammadiyah. *AR-RASYID: Jurnal Pendidikan Agama Islam* 5 (1)
- [31] W. P. Daya And T. Iklan, "Fatihudin, D., & Firmansyah, A. (2019). Pemasaran Jasa(Strategi, Mengukur Kepuasan Dan Loyalitas Pelanggan). *Deepublish.*," Vol. 1, No. 2019, Pp. 2019–2021, 2020.
- [32] W. Mega, "Clustering Menggunakan Metode K-Means Untuk Menentukan Status Gizi Balita," *Jurnal Informatika*, Vol. 15, No. 2, Pp. 160–174, 2015.