

Pengelompokan Pola Musiman Tindak Pidana Asal Menggunakan Metode *Hierarchical Clustering* dan *K-Means* Berdasarkan Data LTKM PPATK

Seila Amalia

¹Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia
Jl. Willem Iskandar Pasar V, Medan Estate, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, 20221, Sumatera Utara

Article Info

Article history:

Received: February 2026

Revised: March 2026

Accepted: May 2026

Keywords:

Hierarchical Clustering

K-Means Clustering

LTKM

Pola Musiman

Tindak Pidana Asal

ABSTRACT

Laporan Transaksi Keuangan Mencurigakan (LTKM) merupakan salah satu indikator penting dalam mendeteksi tindak pidana pencucian uang dan tindak pidana asal yang mendasarinya. Perbedaan jumlah LTKM pada setiap kategori tindak pidana asal menunjukkan adanya pola musiman yang beragam sehingga diperlukan metode yang mampu mengelompokkan tindak pidana berdasarkan kemiripan karakteristiknya. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan tindak pidana asal berdasarkan pola musiman data LTKM PPATK tahun 2024 menggunakan metode *Hierarchical Clustering* dan *K-Means Clustering*. Data yang digunakan berupa jumlah LTKM bulanan dari 28 kategori tindak pidana asal selama periode Januari–Desember 2024. Data distandarisasi menggunakan metode Z-score dan kemiripan antarobjek diukur menggunakan Euclidean Distance. *Hierarchical Clustering* dengan metode Ward digunakan untuk menentukan struktur pengelompokan, sedangkan *K-Means Clustering* digunakan untuk memperoleh hasil cluster akhir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tiga cluster memberikan struktur pengelompokan yang paling informatif dengan nilai Silhouette Score sebesar 0,794. Cluster yang terbentuk memiliki karakteristik pola musiman yang berbeda sehingga mampu menggambarkan tingkat aktivitas LTKM pada masing-masing kelompok tindak pidana asal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode clustering efektif dalam mengidentifikasi kemiripan pola musiman data LTKM.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Seila Amalia

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)

Program Studi Statistika, Universitas Negeri Medan (UNIMED)

Email: seilaamaliaa21@gmail.com

1. INTRODUCTION

Perkembangan tindak pidana dan kejahatan keuangan di Indonesia terus mengalami peningkatan dan menjadi perhatian penting dalam menjaga stabilitas ekonomi serta keamanan nasional. Berbagai tindak pidana seperti perjudian, penipuan, korupsi, narkoba, dan penggelapan tidak hanya menimbulkan kerugian sosial, tetapi juga berpotensi memunculkan praktik pencucian uang melalui sistem keuangan formal maupun nonformal. Kondisi tersebut tercermin dari meningkatnya jumlah Laporan Transaksi Keuangan Mencurigakan (LTKM) yang diterima oleh PPATK sebagai lembaga intelijen keuangan di Indonesia. [1] menjelaskan bahwa pencucian uang masih menjadi tantangan serius karena pelaku kejahatan terus memanfaatkan berbagai celah dalam aktivitas transaksi keuangan.

Laporan Transaksi Keuangan Mencurigakan (LTKM) merupakan laporan yang disampaikan oleh pihak pelapor ketika ditemukan transaksi yang tidak sesuai dengan profil, karakteristik, atau pola transaksi pengguna jasa. Menurut [1], LTKM menjadi indikator operasional penting dalam mendeteksi aktivitas pencucian uang dan mendukung sistem pengawasan anti money laundering (AML). Data LTKM tahun 2024 menunjukkan bahwa beberapa tindak pidana asal memiliki jumlah laporan yang tinggi dan berfluktuasi setiap bulan. Tindak pidana seperti perjudian, penipuan, korupsi, penggelapan, perpajakan, dan perbankan menunjukkan pola laporan yang berbeda sepanjang tahun sehingga mengindikasikan adanya pola musiman pada masing-masing tindak pidana asal. Perbedaan pola tersebut memerlukan metode analisis yang mampu mengelompokkan data berdasarkan tingkat kemiripan karakteristiknya. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah clustering. Menurut [2], clustering merupakan teknik data mining yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan karakteristik tertentu sehingga objek dalam satu kelompok memiliki tingkat kemiripan yang lebih tinggi dibandingkan kelompok lainnya. Penggunaan metode clustering dalam analisis kriminalitas telah banyak diterapkan untuk membantu identifikasi pola kejahatan dan mendukung pengambilan keputusan dalam penanganan kriminalitas.

Penelitian [3] menunjukkan bahwa metode K-Means Clustering mampu mengidentifikasi pola dan karakteristik tindak kriminalitas berdasarkan tingkat kemiripan data. Selain itu, [4] menjelaskan bahwa metode Hierarchical Clustering, khususnya metode Ward, mampu menghasilkan cluster yang lebih homogen dan memiliki kualitas pengelompokan yang baik. Penelitian [5] juga menunjukkan bahwa metode K-Means efektif digunakan dalam analisis data kriminalitas untuk membantu pengelompokan tingkat tindak pidana berdasarkan karakteristik tertentu. Meskipun demikian, penelitian mengenai pengelompokan pola musiman tindak pidana asal berdasarkan data LTKM PPATK masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada pemetaan wilayah rawan kriminalitas, klasifikasi korban kejahatan, atau pengelompokan tingkat kriminalitas antar daerah. [6] menggunakan metode K-Means dan Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC) untuk mengelompokkan provinsi berdasarkan jumlah korban kejahatan di Indonesia. Namun, penelitian yang menggabungkan Hierarchical Clustering metode Ward dan K-Means untuk menganalisis pola musiman tindak pidana asal berdasarkan data LTKM masih belum banyak dilakukan.

Penelitian ini memiliki kebaruan pada penggunaan kombinasi metode Hierarchical Clustering metode Ward dan K-Means Clustering untuk menganalisis pola musiman tindak pidana asal berdasarkan data LTKM PPATK tahun 2024. Selain menggunakan data transaksi keuangan mencurigakan yang masih jarang dianalisis dalam penelitian clustering kriminalitas, penelitian ini juga menekankan analisis pola temporal bulanan sehingga dapat memberikan gambaran karakteristik musiman antar tindak pidana asal secara lebih spesifik. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pemahaman mengenai pola pengelompokan tindak pidana asal berdasarkan kemiripan pola transaksi keuangan mencurigakan sepanjang tahun 2024.

2. METHOD

2.1 Data Acquisition

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa jumlah Laporan Transaksi Keuangan Mencurigakan (LTKM) berdasarkan tindak pidana asal yang diperoleh dari publikasi resmi PPATK tahun 2024. Dataset terdiri atas 26 jenis tindak pidana asal dengan jumlah laporan bulanan periode Januari–Desember 2024. Setiap tindak pidana asal direpresentasikan oleh 12 variabel berupa jumlah LTKM bulanan yang digunakan untuk menggambarkan pola musiman masing-masing tindak pidana. Seluruh data diolah menggunakan Python pada Google Colaboratory.

2.2 Data Preprocessing

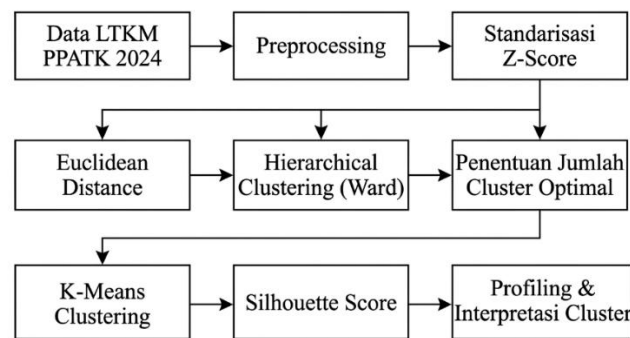
Sebelum proses clustering dilakukan, data terlebih dahulu melalui tahap preprocessing yang meliputi seleksi data, pengecekan kelengkapan data, dan standarisasi menggunakan metode Z-score. Standarisasi dilakukan untuk menghilangkan pengaruh perbedaan skala antar variabel sehingga setiap bulan memiliki kontribusi yang sama dalam proses pengelompokan.

2.3 Clustering Procedure

Kemiripan antar tindak pidana asal dihitung menggunakan Euclidean Distance. Selanjutnya dilakukan Hierarchical Clustering dengan metode Ward untuk membentuk struktur hierarki data dan menghasilkan dendrogram. Dendrogram digunakan untuk membantu menentukan jumlah cluster yang sesuai berdasarkan tingkat kemiripan antar objek. Setelah jumlah cluster ditentukan, proses K-Means Clustering diterapkan untuk memfinalisasi pengelompokan berdasarkan centroid cluster sehingga diperoleh kelompok tindak pidana asal yang homogen.

2.4 Cluster Validation and Interpretation

Kualitas hasil clustering dievaluasi menggunakan Silhouette Score. Nilai silhouette digunakan untuk menentukan jumlah cluster yang menghasilkan pemisahan terbaik antar kelompok. Semakin tinggi nilai silhouette, semakin baik kualitas cluster yang terbentuk. Setelah jumlah cluster optimal diperoleh, dilakukan profiling dan interpretasi karakteristik setiap cluster berdasarkan pola musiman LTKM sepanjang tahun 2024.



Gambar 1. Alur Prosedur Penelitian

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 RESULTS

3.1.1 Statistik Deskriptif Data

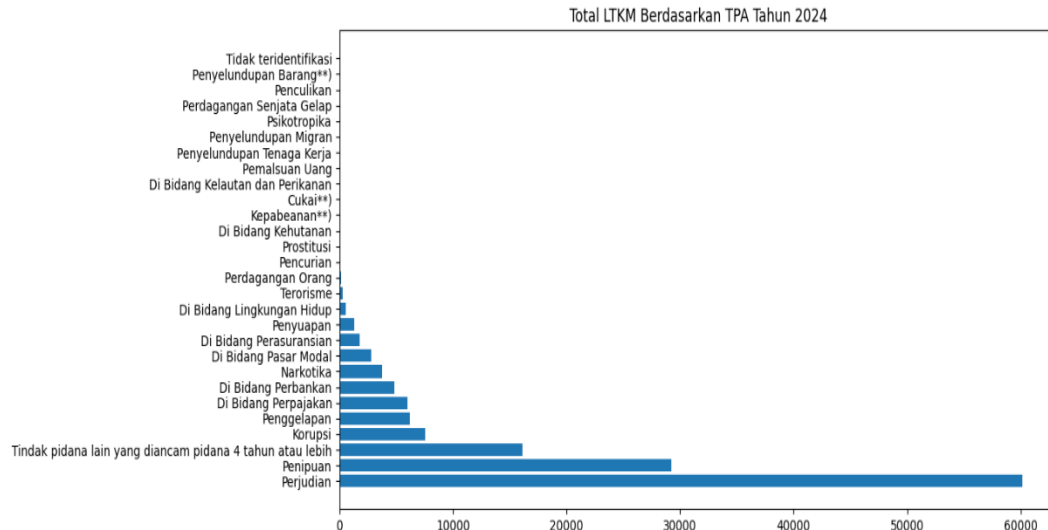
Sebelum dilakukan proses clustering, terlebih dahulu dilakukan analisis statistik deskriptif untuk memberikan gambaran umum mengenai karakteristik data penelitian. Statistik deskriptif dilakukan terhadap total jumlah Laporan Transaksi Keuangan Mencurigakan (LTKM) dari masing-masing tindak pidana asal selama periode Januari hingga Desember 2024. Analisis statistik deskriptif bertujuan untuk mengetahui ukuran pemusatan data, ukuran penyebaran data, serta distribusi data secara umum. Hasil statistik deskriptif total LTKM berdasarkan tindak pidana asal disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Total LTKM Berdasarkan Tindak Pidana Asal Tahun 2024

Statistik	Nilai
Jumlah Data (n)	28
Rata-rata (Mean)	5.046,86
Standar Deviasi	12.479,68
Minimum	0
Kuartil 1 (Q1)	26,25
Median (Q2)	146,00
Kuartil 3 (Q3)	4.009,00
Maksimum	60.175,00

Berdasarkan Tabel 1, diperoleh rata-rata total LTKM sebesar 5.046,86 laporan dengan standar deviasi sebesar 12.479,68 laporan. Nilai standar deviasi yang lebih besar daripada nilai rata-rata menunjukkan bahwa data memiliki tingkat penyebaran yang tinggi. Kondisi ini mengindikasikan adanya perbedaan jumlah laporan

yang cukup besar antar kategori tindak pidana asal. Selain itu, nilai minimum sebesar 0 laporan dan nilai maksimum sebesar 60.175 laporan menunjukkan rentang data yang sangat lebar. Perbedaan yang cukup jauh antara nilai minimum dan maksimum mengindikasikan adanya kategori tindak pidana asal yang memiliki jumlah laporan jauh lebih tinggi dibandingkan kategori lainnya. Nilai median sebesar 146 laporan yang jauh lebih kecil dibandingkan nilai rata-rata sebesar 5.046,86 laporan menunjukkan bahwa distribusi data cenderung tidak simetris dan menceng ke kanan (right-skewed). Hal ini menandakan adanya beberapa kategori tindak pidana asal yang memiliki jumlah LTKM sangat tinggi sehingga memengaruhi rata-rata keseluruhan data.

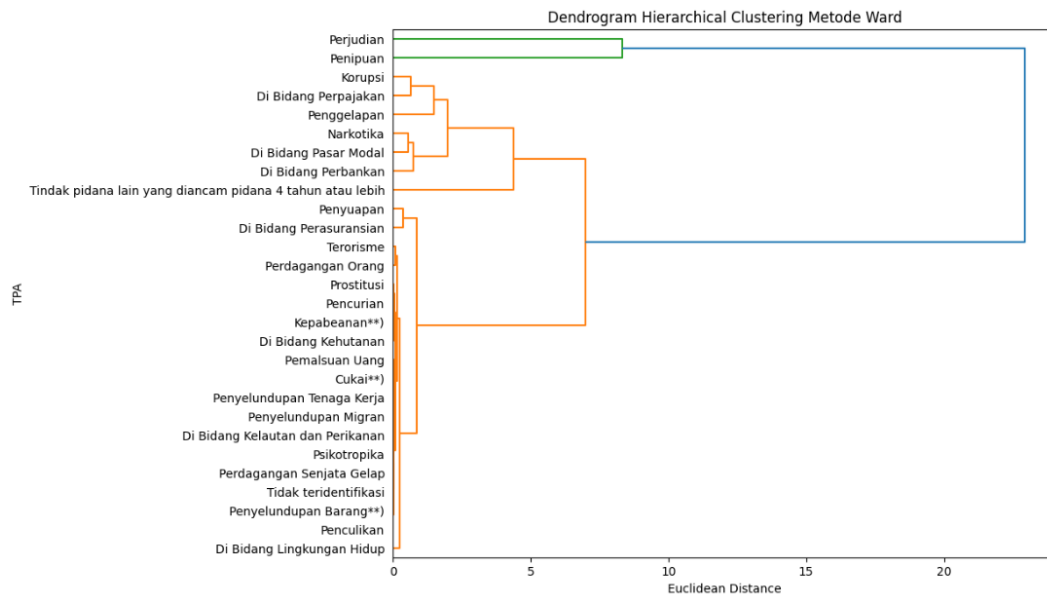


Gambar 2. Total LTKM Berdasarkan Tindak Pidana Asal Tahun 2024

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa tindak pidana perjudian memiliki total jumlah LTKM tertinggi dibandingkan kategori lainnya, yaitu mencapai 60.175 laporan. Selain perjudian, kategori penipuan serta tindak pidana lain yang diancam pidana 4 tahun atau lebih juga menunjukkan jumlah laporan yang relatif tinggi dibandingkan sebagian besar tindak pidana asal lainnya. Sebaliknya, beberapa kategori tindak pidana asal seperti penculikan, perdagangan senjata gelap, penyelundupan barang, dan tindak pidana lainnya memiliki jumlah laporan yang relatif rendah. Perbedaan yang cukup besar antara kategori dengan jumlah laporan tertinggi dan terendah menunjukkan bahwa data memiliki karakteristik yang heterogen. Karakteristik data yang memiliki rentang nilai dan tingkat penyebaran yang tinggi berpotensi menyebabkan variabel tertentu mendominasi proses pengelompokan.

3.1.2 Hierarchical Clustering Metode Ward

Setelah diperoleh matriks jarak Euclidean antar tindak pidana asal, tahap selanjutnya adalah melakukan proses pengelompokan menggunakan metode Hierarchical Clustering dengan pendekatan Ward. Metode Ward digunakan untuk menggabungkan objek atau kelompok yang memiliki tingkat kemiripan tertinggi berdasarkan nilai jarak yang telah dihitung sebelumnya. Hasil pengelompokan divisualisasikan dalam bentuk dendrogram yang disajikan pada Gambar 3.



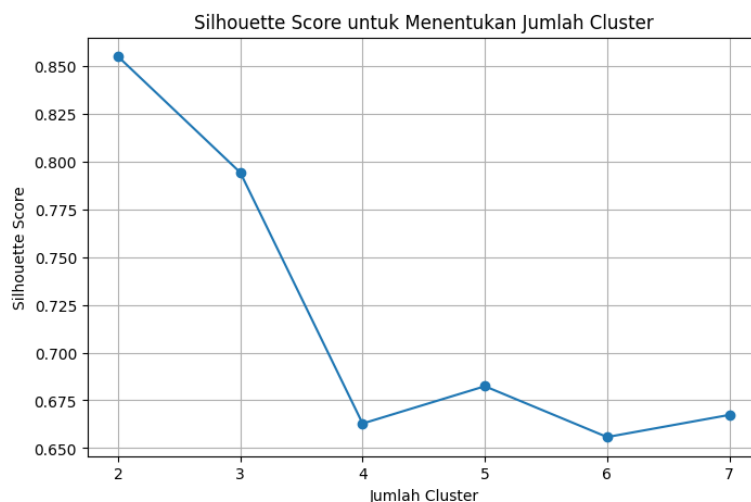
Gambar 3. Dendrogram Hierarchical Clustering Metode Ward

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa proses pengelompokan dilakukan secara bertahap mulai dari objek yang memiliki tingkat kemiripan paling tinggi hingga seluruh objek tergabung menjadi satu kelompok besar. Semakin rendah posisi percabangan pada dendrogram menunjukkan bahwa objek yang bergabung memiliki tingkat kemiripan yang semakin tinggi, sedangkan percabangan pada jarak yang lebih besar menunjukkan adanya perbedaan karakteristik yang semakin besar antar objek.

Hasil dendrogram menunjukkan bahwa beberapa tindak pidana asal memiliki tingkat kemiripan yang tinggi dan bergabung pada jarak yang relatif kecil. Sebagai contoh, kategori Cukai, Di Bidang Kehutanan, dan Di Bidang Kelautan dan Perikanan tergabung pada jarak yang sangat dekat, yang mengindikasikan bahwa ketiga kategori tersebut memiliki pola jumlah LTKM yang relatif serupa selama periode pengamatan. Selain itu, sebagian besar tindak pidana asal membentuk satu kelompok besar yang saling bergabung secara bertahap pada nilai jarak yang relatif rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa mayoritas kategori tindak pidana asal memiliki karakteristik jumlah LTKM yang tidak terlalu berbeda satu sama lain. Di sisi lain, kategori Perjudian dan Penipuan terlihat bergabung pada jarak yang relatif lebih besar dibandingkan kategori lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kategori tersebut memiliki karakteristik jumlah LTKM yang berbeda dari sebagian besar tindak pidana asal lainnya. Perbedaan tersebut juga mengindikasikan bahwa kedua kategori memiliki kontribusi yang cukup besar terhadap variasi data secara keseluruhan. Secara umum, dendrogram menunjukkan adanya pemisahan kelompok yang cukup jelas antar objek penelitian. Berdasarkan struktur percabangan yang terbentuk, data memiliki kecenderungan untuk membentuk beberapa kelompok utama yang dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan jumlah cluster pada tahap berikutnya.

3.1.3 Penentuan Jumlah Cluster Optimal

Untuk memperoleh jumlah cluster yang paling sesuai, dilakukan evaluasi menggunakan metode Silhouette Score. Evaluasi dilakukan dengan menguji beberapa alternatif jumlah cluster, yaitu 2 sampai 7 cluster. Hasil perhitungan Silhouette Score disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Silhouette Score untuk Berbagai Jumlah Cluster

Berdasarkan Gambar 4, nilai Silhouette Score tertinggi diperoleh pada jumlah cluster sebanyak 2 cluster dengan nilai sebesar 0,855. Selanjutnya, pada jumlah cluster sebanyak 3 cluster, nilai Silhouette Score mengalami penurunan menjadi 0,794. Pada jumlah cluster yang lebih besar, nilai Silhouette Score cenderung menurun dan berada pada rentang 0,656 hingga 0,682. Secara umum, semakin tinggi nilai Silhouette Score menunjukkan bahwa objek dalam suatu cluster memiliki tingkat kemiripan yang tinggi dan memiliki pemisahan yang baik terhadap cluster lainnya. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa struktur pengelompokan dengan dua cluster memberikan kualitas pengelompokan terbaik berdasarkan kriteria Silhouette Score. Meskipun demikian, berdasarkan hasil dendrogram pada Gambar 4, terlihat adanya kecenderungan pembentukan tiga kelompok utama yang masih dapat dibedakan secara jelas. Selain itu, nilai Silhouette Score pada tiga cluster masih tergolong tinggi, yaitu sebesar 0,794, yang menunjukkan bahwa kualitas pengelompokan masih berada pada kategori sangat baik. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan 3 cluster sebagai hasil akhir pengelompokan. Pemilihan tersebut didasarkan pada pertimbangan struktur dendrogram yang menunjukkan tiga kelompok utama serta nilai Silhouette Score yang masih tinggi sehingga mampu memberikan interpretasi yang lebih informatif terhadap karakteristik tindak pidana asal dibandingkan penggunaan dua cluster.

3.1.4 Hasil Pengelompokan Tindak Pidana Asal

Setelah jumlah cluster ditentukan sebanyak tiga cluster, proses pengelompokan dilakukan menggunakan metode K-Means Clustering. Hasil pengelompokan tindak pidana asal berdasarkan karakteristik jumlah LTKM selama tahun 2024 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengelompokan Tindak Pidana Asal

Cluster	Anggota Cluster
Cluster 1	Cukai, Kehutanan, Kelautan dan Perikanan, Lingkungan Hidup, Pasar Modal, Perasuransian, Perbankan, Perpajakan, Korupsi, Narkotika, Penggelapan, Pemalsuan Uang, Penculikan, Pencurian, Penyelundupan Migran, Penyelundupan Tenaga Kerja, Penyelundupan Barang, Penyuapan, Perdagangan Orang, Perdagangan Senjata Gelap, Prostitusi, Psikotropika, Terorisme, Tidak Teridentifikasi, Kepabeanan
Cluster 2	Perjudian
Cluster 3	Penipuan; Tindak pidana lain yang diancam pidana 4 tahun atau lebih

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh tiga kelompok tindak pidana asal yang memiliki karakteristik yang berbeda. Cluster 1 merupakan cluster dengan jumlah anggota terbanyak, yaitu sebanyak 25 kategori tindak pidana asal. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar tindak pidana asal memiliki pola jumlah LTKM yang relatif serupa sehingga tergabung dalam satu kelompok yang sama. Cluster 2 hanya terdiri atas satu kategori tindak pidana asal, yaitu Perjudian. Hasil ini menunjukkan bahwa kategori perjudian memiliki karakteristik yang berbeda secara signifikan dibandingkan kategori lainnya. Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa jumlah LTKM pada kategori perjudian jauh lebih tinggi dibandingkan mayoritas tindak pidana asal lainnya.

Sementara itu, Cluster 3 terdiri atas dua kategori tindak pidana asal, yaitu Penipuan dan Tindak pidana lain yang diancam pidana 4 tahun atau lebih. Kedua kategori tersebut memiliki karakteristik yang berada di antara Cluster 1 dan Cluster 2, sehingga membentuk kelompok tersendiri.

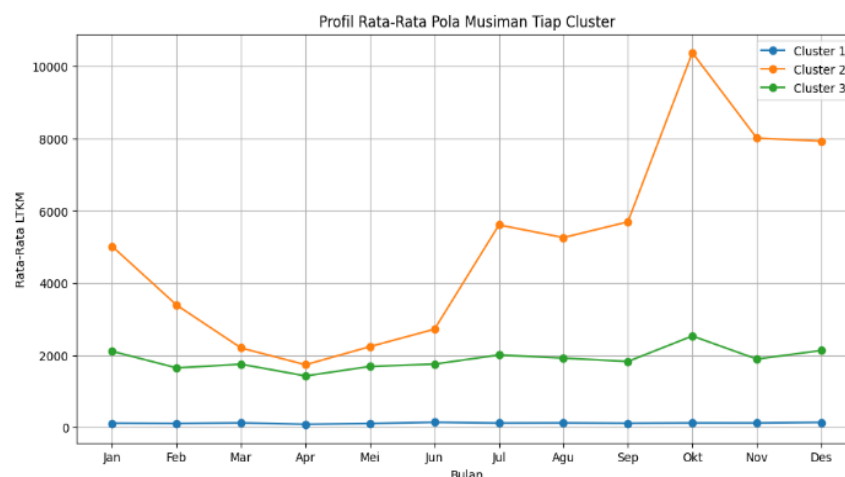
3.1.5 Karakteristik Setiap Cluster

Untuk mengetahui karakteristik masing-masing cluster yang terbentuk, dilakukan analisis terhadap rata-rata jumlah Laporan Transaksi Keuangan Mencurigakan (LTKM) pada setiap bulan. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan tingkat aktivitas laporan serta pola musiman yang dimiliki oleh masing-masing cluster. Hasil perhitungan rata-rata jumlah LTKM setiap cluster disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Jumlah LTKM Tiap Cluster Tahun 2024

Cluster	Jan	Feb	Mar	Apr	...	Okt	Nov	Des
1	116,48	108,56	124,52	86,60	...	123,28	122,72	140,16
2	5.014,00	3.387,00	2.200,00	1.735,00	...	10.379,00	8.012,00	7.931,00
3	2.108,00	1.648,50	1.750,00	1.425,50	...	2.532,00	1.892,00	2.131,50

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa setiap cluster memiliki karakteristik jumlah LTKM yang berbeda. Cluster 1 merupakan kelompok dengan rata-rata jumlah LTKM paling rendah sepanjang periode pengamatan. Rata-rata jumlah laporan pada cluster ini berkisar antara 86,60 hingga 142,56 laporan per bulan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tindak pidana asal yang tergabung dalam Cluster 1 memiliki tingkat aktivitas laporan yang relatif rendah dan stabil sepanjang tahun. Cluster 2 menunjukkan rata-rata jumlah LTKM tertinggi dibandingkan cluster lainnya. Rata-rata jumlah laporan pada cluster ini berkisar antara 1.735,00 hingga 10.379,00 laporan per bulan. Puncak laporan terjadi pada bulan Oktober dengan rata-rata sebesar 10.379,00 laporan. Tingginya nilai rata-rata pada cluster ini menunjukkan bahwa tindak pidana asal yang tergabung dalam Cluster 2 memiliki tingkat aktivitas transaksi keuangan mencurigakan yang sangat dominan dibandingkan kelompok lainnya. Sementara itu, Cluster 3 memiliki rata-rata jumlah LTKM yang berada di antara Cluster 1 dan Cluster 2. Rata-rata jumlah laporan pada cluster ini berkisar antara 1.425,50 hingga 2.532,00 laporan per bulan. Meskipun lebih tinggi dibandingkan Cluster 1, jumlah laporan pada Cluster 3 masih jauh lebih rendah dibandingkan Cluster 2.



Gambar 5. Profil Rata-Rata Pola Musiman Tiap Cluster Tahun 2024

Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa ketiga cluster memiliki pola musiman yang berbeda. Cluster 1 menunjukkan pola yang relatif stabil sepanjang tahun dengan fluktuasi yang tidak terlalu besar. Peningkatan tertinggi terjadi pada bulan Juni, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan April. Cluster 2 menunjukkan fluktuasi yang paling besar dibandingkan cluster lainnya. Setelah mengalami penurunan pada periode Februari hingga April, jumlah laporan kembali meningkat mulai bulan Mei dan mencapai puncaknya pada bulan Oktober. Setelah bulan Oktober, jumlah laporan mengalami penurunan, namun tetap berada pada tingkat yang jauh lebih tinggi dibandingkan cluster lainnya. Cluster 3 memperlihatkan pola yang relatif lebih stabil dibandingkan Cluster 2, namun masih menunjukkan fluktuasi yang lebih besar dibandingkan Cluster 1. Sama seperti Cluster 2, puncak jumlah laporan pada Cluster 3 terjadi pada bulan Oktober dengan rata-rata sebesar 2.532,00 laporan. Kesamaan pola tersebut mengindikasikan adanya kecenderungan peningkatan aktivitas

laporan transaksi keuangan mencurigakan pada periode yang sama. Secara keseluruhan, hasil profil musiman menunjukkan bahwa bulan Oktober merupakan periode dengan tingkat aktivitas laporan tertinggi pada cluster yang memiliki jumlah LTKM besar, sedangkan Cluster 1 cenderung mempertahankan pola yang relatif stabil sepanjang tahun. Temuan ini memperlihatkan bahwa setiap cluster memiliki karakteristik pola musiman yang berbeda sehingga mendukung hasil pengelompokan yang telah diperoleh sebelumnya.

3.2 DISCUSSION

3.2.1 Interpretasi Hasil Pengelompokan Tindak Pidana Asal

Hasil pengelompokan menggunakan metode Hierarchical Clustering dan K-Means Clustering menunjukkan bahwa tindak pidana asal yang menjadi objek penelitian tidak memiliki karakteristik pola musiman LTKM yang seragam. Perbedaan pola tersebut menyebabkan data membentuk tiga kelompok utama yang memiliki tingkat kemiripan internal yang tinggi namun berbeda dengan kelompok lainnya. Terbentuknya satu kelompok besar yang terdiri atas mayoritas tindak pidana asal menunjukkan bahwa sebagian besar kategori memiliki pola aktivitas LTKM yang relatif serupa. Meskipun setiap tindak pidana asal memiliki jumlah laporan yang berbeda, pola perubahan jumlah laporan dari bulan ke bulan masih menunjukkan karakteristik yang cukup mirip sehingga objek-objek tersebut ditempatkan dalam kelompok yang sama. Hasil ini menunjukkan bahwa mayoritas tindak pidana asal memiliki perilaku pelaporan yang cenderung stabil dan tidak menunjukkan penyimpangan yang terlalu ekstrem dibandingkan kategori lainnya. Di sisi lain, terdapat kategori tindak pidana asal yang tidak bergabung dengan kelompok utama. Kondisi tersebut menunjukkan adanya karakteristik yang berbeda secara signifikan dibandingkan mayoritas objek penelitian. Dalam analisis clustering, objek yang terpisah dari kelompok utama umumnya memiliki pola data yang sangat dominan atau memiliki tingkat perbedaan yang cukup besar terhadap objek lainnya. Oleh karena itu, terbentuknya cluster tersendiri menunjukkan bahwa kategori tersebut memiliki kontribusi yang besar terhadap variasi data LTKM secara keseluruhan. Selain kelompok dengan aktivitas yang sangat dominan, penelitian ini juga menemukan kelompok yang memiliki karakteristik menengah. Kelompok tersebut menunjukkan bahwa tidak seluruh tindak pidana asal dapat diklasifikasikan ke dalam kategori aktivitas rendah maupun aktivitas sangat tinggi. Keberadaan kelompok menengah mengindikasikan adanya variasi tingkat aktivitas laporan yang membentuk struktur data secara bertingkat. Dengan kata lain, pola LTKM pada tindak pidana asal tidak hanya terbagi menjadi kelompok tinggi dan rendah, tetapi juga terdapat kelompok yang berada di antara keduanya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode Hierarchical Clustering dan K-Means Clustering mampu mengidentifikasi struktur alami data berdasarkan kemiripan pola musiman LTKM. Pengelompokan yang terbentuk tidak hanya membedakan objek berdasarkan besarnya jumlah laporan, tetapi juga berdasarkan pola pergerakan laporan sepanjang periode pengamatan.

3.2.2 Implikasi Hasil Pengelompokan terhadap Analisis LTKM

Hasil pengelompokan yang diperoleh memberikan gambaran bahwa setiap kelompok tindak pidana asal memiliki karakteristik aktivitas transaksi keuangan mencurigakan yang berbeda. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa analisis LTKM tidak dapat dilakukan dengan pendekatan yang sama untuk seluruh kategori tindak pidana asal, karena masing-masing kelompok memiliki tingkat aktivitas yang berbeda.

Pengelompokan yang terbentuk dapat digunakan sebagai dasar untuk memahami pola aktivitas transaksi keuangan mencurigakan secara lebih terstruktur. Melalui clustering, tindak pidana asal yang memiliki karakteristik serupa dapat dianalisis sebagai satu kelompok sehingga proses identifikasi pola dan kecenderungan aktivitas menjadi lebih mudah dilakukan dibandingkan jika setiap kategori dianalisis secara terpisah.

Selain itu, hasil pengelompokan dapat mendukung pendekatan pengawasan berbasis risiko (risk-based approach). Kelompok dengan aktivitas laporan yang lebih tinggi dapat menjadi prioritas dalam proses pemantauan dan analisis karena menunjukkan intensitas aktivitas transaksi keuangan mencurigakan yang lebih besar dibandingkan kelompok lainnya. Sementara itu, kelompok dengan aktivitas yang relatif rendah tetap dapat dipantau dengan pendekatan yang disesuaikan dengan karakteristiknya.

Dari sisi metodologi, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa kombinasi metode Hierarchical Clustering dan K-Means Clustering mampu digunakan untuk mengidentifikasi pola musiman pada data LTKM. Hierarchical Clustering membantu dalam melihat struktur hubungan antar objek dan menentukan jumlah cluster yang sesuai, sedangkan K-Means Clustering menghasilkan pengelompokan yang lebih jelas dan mudah diinterpretasikan. Dengan demikian, kedua metode tersebut dapat menjadi alternatif yang efektif untuk melakukan segmentasi data yang memiliki karakteristik serupa dengan data LTKM.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelompokan berbasis pola musiman mampu memberikan informasi tambahan yang tidak terlihat dari analisis deskriptif biasa. Melalui

pengelompokan tersebut, karakteristik tindak pidana asal dapat dipahami secara lebih sistematis sehingga mendukung proses analisis data dan pengambilan keputusan yang lebih terarah.

4. CONCLUSION

Penelitian ini berhasil mengelompokkan tindak pidana asal berdasarkan pola musiman data Laporan Transaksi Keuangan Mencurigakan (LTKM) PPATK tahun 2024 menggunakan kombinasi metode Hierarchical Clustering (Ward) dan K-Means Clustering. Hasil analisis menunjukkan bahwa tiga cluster merupakan jumlah cluster yang paling sesuai untuk menggambarkan struktur data. Meskipun nilai Silhouette Score tertinggi diperoleh pada dua cluster sebesar 0,855, penggunaan tiga cluster dipilih karena memberikan struktur pengelompokan yang lebih informatif sesuai dengan hasil dendrogram serta tetap menunjukkan kualitas clustering yang baik dengan nilai Silhouette Score sebesar 0,794. Hasil pengelompokan menunjukkan bahwa sebagian besar tindak pidana asal tergabung dalam Cluster 1 yang memiliki rata-rata jumlah LTKM relatif rendah dan pola yang stabil sepanjang tahun. Cluster 2 hanya terdiri atas tindak pidana perjudian yang memiliki rata-rata jumlah LTKM tertinggi serta fluktuasi yang paling besar dengan puncak laporan pada bulan Oktober. Sementara itu, Cluster 3 yang terdiri atas penipuan dan tindak pidana lain yang diancam pidana empat tahun atau lebih menunjukkan tingkat aktivitas LTKM yang lebih tinggi dibandingkan Cluster 1 dengan pola peningkatan yang juga mencapai puncak pada bulan Oktober. Temuan ini menunjukkan bahwa karakteristik pola musiman LTKM berbeda antar kelompok tindak pidana asal sehingga pendekatan clustering dapat digunakan untuk membantu identifikasi dan pemetaan pola transaksi keuangan mencurigakan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi informasi pendukung bagi PPATK dalam memahami karakteristik tindak pidana asal berdasarkan pola aktivitas LTKM yang terbentuk.

Funding Information

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat pendanaan yang terlibat dalam penelitian ini.

AUTHOR CONTRIBUTIONS STATEMENT

Name of Author	C	M	So	Va	Fo	I	R	D	O	E	Vi	Su	P	Fu
Seila Amalia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Data Availability

Data yang mendukung temuan penelitian ini berasal dari publikasi resmi Pusat Pelaporan dan Analisis Transaksi Keuangan (PPATK) dan tersedia secara terbuka melalui situs web resmi PPATK. Seluruh data yang digunakan dalam penelitian ini dapat diakses melalui publikasi statistik dan laporan yang diterbitkan oleh PPATK.

REFERENCES

- [1] Wartinasih and N. Insani, "Can Cash Circulation Predict Money Laundering? Evidence from Indonesian Suspicious Transaction Reports (STRs)," *AML/CFT Journal The Journal of Anti Money Laundering and Countering the Financing of Terrorism*, vol. 4, no. 1, pp. 88–114, Dec. 2025, doi: 10.59593/amlcft.2025.v4i1.278.
- [2] M. Alif Zaidan, E. Wahyu Ekaputri, and N. Fitriyah Ayu Tunjung Sari, "Klasterisasi efektivitas penyelesaian tindak pidana di Indonesia menggunakan metode K-Means clustering," 2024. [Online]. Available: <http://urj.uin-malang.ac.id/index.php/mij/index>
- [3] Stedila, R. Astuti, and F. Muhammad Basysy, "PENERAPAN DATA MINING CLUSTERING MENGGUNAKAN METODE K-MEANS PADA DATA TINDAK KRIMINALITAS DI POLRES KABUPATEN KUNINGAN," 2024.
- [4] R. Gustriansyah, J. Alie, and N. Suhandi, "Hierarchical clustering for crime rate mapping in Indonesia," *ILKOM Jurnal Ilmiah*, vol. 14, no. 3, pp. 275–283, Dec. 2022, doi: 10.33096/ilkom.v14i3.1135.275-283.
- [5] A. Pangestu, H. Umam, F. Wattilah, M. G. Ramadhan, S. Sumanto, and A. D. Kuswanto, "Klasterisasi Jumlah Tindak Pidana Kepolisian Daerah Pada Algoritma K-Means Klustering," *Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis*, vol. 16, no. 2a, pp. 139–149, Dec. 2025, doi: 10.47927/jikb.v16i2a.1152.
- [6] R. M. F. Lubis, J.-P. Huang, P.-C. Wang, N. Damanik, A. C. Sitepu, and C. D. Simanullang, "K-Means and AHC Methods for Classifying Crime Victims by Indonesian Provinces: A Comparative Analysis," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 5, no. 1, Jun. 2023, doi: 10.47065/bits.v5i1.3630.
- [7] A. Hoerunnisa, G. Dwilestari, F. Dikananda, H. Sunana, and D. Pratama, "KOMPARASI ALGORITMA K-MEANS DAN K-MEDOIDS DALAM ANALISIS PENGELOMPOKAN DAERAH RAWAN KRIMINALITAS DI INDONESIA," 2024. [Online]. Available: <https://opendata.jabarprov.go.id/id>
- [8] Dicky Ananda Azhari, Yani Maulita, and Suci Ramadani, "Pengelompokan Data Kriminal untuk Menentukan Pola Rawan Tindak Kriminal Menggunakan Algoritma K-Means," *Polygon : Jurnal Ilmu Komputer dan Ilmu Pengetahuan Alam*, vol. 2, no. 5, pp. 122–138, Sep. 2024, doi: 10.62383/polygon.v2i5.238.

- [9] T. S. Chairani *et al.*, “KLASTERISASI DAERAH KRIMINALITAS DI INDONESIA DENGAN METODE K-MEANS CLUSTERING,” *Bit (Fakultas Teknologi Informasi Universitas Budi Luhur)*, vol. 21, no. 2, pp. 131–138, 2024.
- [10] A. Hidayat and Z. Arifin, “POLITIK HUKUM LEGISLASI SEBAGAI SOCIO-EQUILIBRIUM DI INDONESIA,” *Jurnal Ius Constituendum*, vol. 4, no. 2, pp. 147–159, Oct. 2019, doi: 10.26623/jic.v4i2.1654.
- [11] Z. Resiana and T. Aditya, “Analitik Geovisual Pengaruh Pandemi COVID-19 Terhadap Pola Dan Kecenderungan Kriminalitas Di Daerah Istimewa Yogyakarta,” *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, vol. 6, no. 1, p. 24, Jul. 2023, doi: 10.22146/jgise.80670.
- [12] R. Rahmati and A. W. Wijayanto, “ANALISIS CLUSTER DENGAN ALGORITMA K-MEANS, FUZZY C-MEANS DAN HIERARCHICAL CLUSTERING (Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia tahun 2019),” *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, vol. 5(2), 2021.
- [13] W. Faizah *et al.*, “Clustering Student Internship Placement Using Wards Hierarchical Method,” *Journal of Mathematics and Computing Science*, vol. 11, no. 2, p. 2025, 2025, doi: 10.24191/jmcs.
- [14] S. M. Dewi, A. P. Windarto, I. S. Damanik, and H. Satria, “Seminar Nasional Sains & Teknologi Informasi (SENSASI) Analisa Metode K-Means pada Pengelompokan Kriminalitas Menurut Wilayah Sinta Maulina Dewi, Agus Perdana Windarto, Irfan Sudahri Damanik, Heru Satria,” *Seminar Nasional Sains & Teknologi Informasi (SENSASI)*, pp. 620–625, 2019, [Online]. Available: <http://prosiding.seminar-id.com/index.php/sensasi/issue/archivePage|620>
- [15] S. Eka Putra, Sintia, and D. Kemala Odang, “Klasterisasi Wilayah Rawan Tindak Kriminal Menggunakan Algoritma K-Means. (Studi Kasus Di Wilayah Hukum Pengadilan Negeri Painan),” *Journal of Innovative and Creativity*, vol. 6(1), no. 1, pp. 1900–1906, 2026.
- [16] A. Alif, R. Mulyana, A. Ratna Juwita, A. M. Siregar, and A. Fauzi, “Penerapan Algoritma K-means Clustering dan Hierarchical Clustering dalam Mengelompokkan Data Pengangguran di Karawang,” *Jurnal Algoritma*, 2024, doi: 10.33364/algoritma/v.21-2.2155.
- [17] M. I. W. Pratama, “Analisis Terhadap Sanksi Pidana Tindak Pidana Pencucian Uang (Perspektif Economic Analysis of Law),” *Indonesian Journal of Criminal Law and Criminology (IJCLC)*, vol. 3, no. 1, pp. 48–56, Mar. 2022, doi: 10.18196/ijclc.v3i1.12343.