

OPTIMALISASI DISTRIBUSI PEMILIH TERHADAP TPS MENGGUNAKAN METODE CLUSTERING FUZZY C-MEANS

Sony Achmad Djalil¹, Muhammad Faisal², Muhyiddin AM Hayat³, Titin Wahyuni⁴

¹*Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Indonesia*

²*Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Indonesia*

³*Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Indonesia*

⁴*Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Indonesia*

105841105321@student.unismuh.ac.id

Received: Agustus 01,2025; Accepted: Agustus 01, 2025; Published: 30 September, 2025

Abstrak

Pemilihan Umum merupakan fondasi utama dalam sistem demokrasi modern yang menuntut penyelenggaraan secara efisien, adil, dan inklusif. Salah satu faktor penting yang memengaruhi keberhasilan Pemilu adalah penentuan lokasi Tempat Pemungutan Suara, karena lokasi TPS berdampak langsung pada aksesibilitas pemilih, jarak tempuh, serta tingkat partisipasi masyarakat. Penempatan TPS yang kurang optimal dapat menimbulkan ketimpangan pelayanan, kepadatan pemilih, dan menurunkan kualitas proses pemungutan suara. Pada tingkat kelurahan, penentuan TPS masih banyak dilakukan secara manual dengan mengelompokkan pemilih berdasarkan wilayah administratif seperti RT dan RW. Pendekatan ini cenderung memakan waktu, rentan terhadap kesalahan, serta sering menghasilkan distribusi pemilih yang tidak merata antar TPS. Selain itu, terdapat batasan kapasitas pemilih per TPS yang harus dipenuhi untuk menjaga kelancaran pelaksanaan Pemilu, yang sulit diakomodasi secara optimal melalui metode konvensional. Seiring dengan meningkatnya kompleksitas data pemilih dan sebaran geografis wilayah, diperlukan pendekatan berbasis komputasi untuk mendukung pengambilan keputusan. Teknik clustering dalam pembelajaran tanpa pengawasan memungkinkan pengelompokan pemilih secara objektif berdasarkan karakteristik spasial. Metode Fuzzy C-Means menjadi salah satu pendekatan yang relevan karena mampu menangani ketidakpastian data dan tumpang tindih wilayah. Penerapan metode ini diharapkan dapat menghasilkan distribusi TPS yang lebih efisien, adil, dan berbasis data, sehingga mendukung peningkatan kualitas penyelenggaraan Pemilu

Kata kunci: Fuzzy C-Means, Clustering, Optimalisasi TPS, Distribusi Pemilih, Pemilu.

Abstract

General elections are a fundamental pillar of modern democratic systems, requiring an implementation that is efficient, fair, and inclusive. One of the key factors influencing the success of an election is the determination of polling station locations, as their placement directly affects voter accessibility, travel distance, and public participation. Inappropriate polling station allocation can lead to service inequality, voter congestion, and a decline in the overall quality of the voting process. At the local administrative level, polling station determination is still largely conducted manually by grouping voters based on neighborhood or administrative boundaries. This conventional approach is often time consuming, prone to administrative errors, and frequently results in an uneven distribution of voters across polling stations. In addition, electoral regulations impose limits on the maximum number of voters per polling station to ensure smooth and orderly voting procedures, which are not always optimally satisfied through manual methods. As voter data complexity and geographic dispersion increase, computational approaches are needed to support more effective decision making. Clustering techniques in unsupervised learning enable objective grouping of voters based on spatial characteristics. The Fuzzy C-Means method represents a suitable approach because it can accommodate data uncertainty and overlapping service areas. The application of this method is expected to produce a more efficient, equitable, and data driven distribution of polling stations, thereby contributing to the improvement of election management quality and democratic integrity,

Keyword: Fuzzy C-Means, Clustering, TPS Optimization, Voter Distribution, General Election.

1. Pendahuluan

Pemilihan Umum (Pemilu) merupakan elemen fundamental dalam sistem demokrasi yang menuntut penyelenggaraan yang efisien, adil, dan inklusif. Salah satu faktor strategis yang memengaruhi keberhasilan Pemilu adalah penentuan lokasi Tempat Pemungutan Suara (TPS), karena berpengaruh langsung terhadap aksesibilitas pemilih, biaya transportasi, serta tingkat partisipasi politik masyarakat ([1][2]). Penempatan TPS yang tidak optimal berpotensi menimbulkan ketimpangan layanan dan menurunkan kualitas partisipasi pemilih. Pada tingkat kelurahan, penetapan TPS umumnya masih dilakukan secara manual dengan mengelompokkan pemilih berdasarkan RT/RW dan Kartu Keluarga (KK). Pendekatan ini dinilai kurang efektif karena rawan kesalahan administratif dan sering menghasilkan distribusi pemilih yang tidak merata antar TPS ([3]; [4]). Selain itu, metode manual sering kali mengabaikan aspek spasial dan jarak tempuh pemilih dalam penentuan TPS.

Distribusi TPS juga harus memperhatikan kapasitas maksimum pemilih dan kondisi geografis wilayah. Regulasi penyelenggaraan Pemilu menegaskan pentingnya pembatasan jumlah pemilih per TPS guna menjaga kelancaran proses pemungutan suara ([5];[6]). Namun, pendekatan konvensional belum mampu mengakomodasi kompleksitas sebaran data pemilih yang heterogen dan tidak merata secara geografis. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pendekatan berbasis komputasi menjadi alternatif yang relevan. Teknik clustering dalam unsupervised learning memungkinkan pengelompokan data pemilih secara objektif tanpa label awal dan efektif dalam mengidentifikasi pola tersembunyi pada data kependudukan ([7];[8]). Dalam konteks Pemilu, clustering dapat dimanfaatkan untuk membentuk wilayah layanan TPS yang lebih efisien dan proporsional.

Salah satu metode clustering yang banyak digunakan adalah Fuzzy C-Means (FCM). Berbeda dengan metode hard clustering, FCM memberikan derajat keanggotaan pada setiap data sehingga lebih representatif terhadap wilayah transisi pada data spasial pemilih ([9];[10]). Fleksibilitas FCM memungkinkan penyesuaian tingkat tumpang tindih klaster sesuai dengan variasi kepadatan penduduk dan karakteristik wilayah. Meskipun demikian, performa FCM dapat dipengaruhi oleh keberadaan noise dan outlier dalam data. Berbagai pengembangan FCM telah diusulkan untuk meningkatkan ketahanan algoritma terhadap data ekstrem dan menjaga representasi klaster minoritas ([11]). Selain itu, penentuan jumlah klaster TPS menjadi aspek krusial dalam proses clustering, yang umumnya dilakukan menggunakan metode Elbow berdasarkan perubahan nilai Sum of Squared Errors (SSE) ([12][13]).

Oleh karena itu, penggunaan metrik evaluasi tambahan seperti Silhouette Score dan Davies–Bouldin Index direkomendasikan untuk meningkatkan keandalan hasil clustering ([14]). Dengan mempertimbangkan berbagai aspek tersebut, penerapan metode Fuzzy C-Means diharapkan mampu meningkatkan efisiensi perencanaan TPS, pemerataan beban pemilih, serta kualitas penyelenggaraan Pemilu secara keseluruhan ([15]).

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini dirancang untuk mengoptimalkan distribusi pemilih ke Tempat Pemungutan Suara (TPS) dengan pendekatan berbasis data spasial dan demografis. Tahapan penelitian meliputi penentuan lokasi penelitian, pengumpulan dan pra-pemrosesan data, penerapan metode clustering Fuzzy C-Means, serta analisis dan evaluasi hasil distribusi pemilih terhadap batasan kapasitas TPS. Pendekatan ini bertujuan menghasilkan pembagian TPS yang objektif, terstruktur, dan dapat diterapkan sesuai dengan kondisi wilayah penelitian.

2.1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kantor Komisi Pemilihan Umum Daerah (KPUD) Kota Makassar, yang beralamat di Jalan Perumnas Raya, Kecamatan Manggala, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan, Kode Pos 90234. KPUD Kota Makassar merupakan lembaga penyelenggara Pemilu di tingkat kota yang memiliki kewenangan dalam perencanaan, pelaksanaan, serta evaluasi seluruh tahapan Pemilihan Umum, termasuk pengelolaan data pemilih dan penetapan Tempat Pemungutan Suara (TPS). Seperti yang di tampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

KPUD Kota Makassar dipilih sebagai lokasi penelitian karena perannya yang strategis sebagai pengelola utama data kepemiluan di tingkat kota, meliputi Daftar Pemilih Tetap (DPT), data wilayah administratif, serta informasi teknis terkait pembagian dan kapasitas Tempat Pemungutan Suara (TPS). Ketersediaan dan kelengkapan data tersebut menjadi dasar penting dalam analisis dan optimalisasi distribusi pemilih terhadap TPS menggunakan pendekatan clustering.

Secara geografis, Kantor KPUD Kota Makassar berlokasi di kawasan perkotaan dengan aksesibilitas yang baik dan berada di wilayah dengan kepadatan penduduk relatif tinggi serta sebaran TPS yang beragam. Kondisi ini menjadikan lokasi penelitian relevan untuk mengkaji permasalahan distribusi pemilih dan penentuan TPS berbasis spasial, sekaligus memungkinkan penerapan hasil penelitian secara aplikatif dalam konteks wilayah perkotaan.

2.2. Alur Penelitian

Alur kerja penelitian ini dirancang secara sistematis untuk mengoptimalkan distribusi pemilih terhadap Tempat Pemungutan Suara (TPS) dengan mempertimbangkan aspek spasial dan batas kapasitas TPS. Tahapan penelitian secara ringkas disajikan dalam bentuk diagram alur pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Penelitian

Berdasarkan diagram alur pada Gambar 2, penelitian diawali dengan pengumpulan dan pra-pemrosesan data pemilih, dilanjutkan dengan proses klasterisasi berbasis RT menggunakan metode Fuzzy C-Means (FCM). Hasil klasterisasi digunakan sebagai dasar alokasi awal TPS, yang kemudian divalidasi terhadap batas kapasitas maksimum pemilih per TPS. Apabila terjadi pelampaunan kapasitas, dilakukan relokasi dinamis ke TPS terdekat hingga seluruh TPS memenuhi ketentuan yang ditetapkan, sebelum menghasilkan output akhir dan visualisasi distribusi TPS.

2.3. Pengumpulan dan Pra-pemrosesan Data.

Pada tahap pengumpulan dan pra-pemrosesan data, dilakukan integrasi data demografis pemilih dan data spasial wilayah RT/RW ke dalam satu dataset terstruktur. Rincian atribut data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. pemrosesan Data

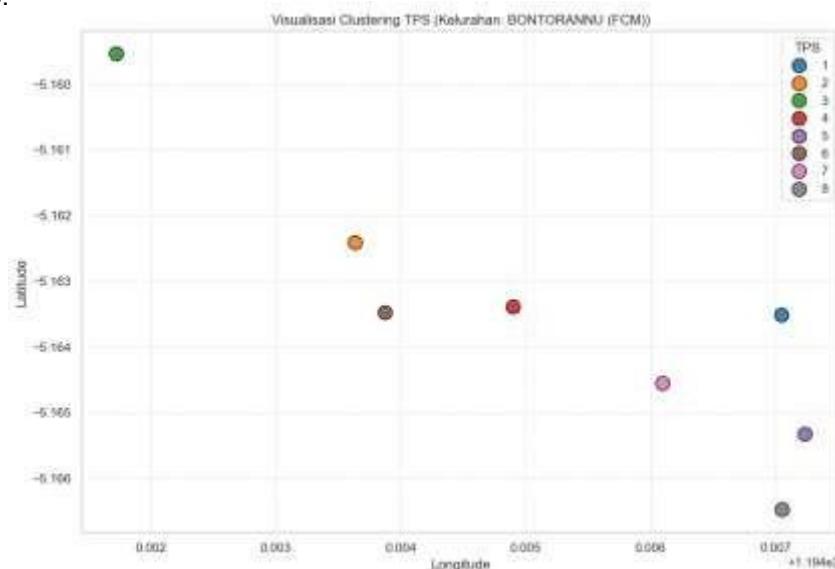
nkk	nik	nama	Kode kelurahan	Nama kelurahan	kode	Melibuti jalan	Melibuti lorong	Batas depan
x(16)	x(15)	x(10)	x(10)	x(10)	x(11)	x(12)	x(10)	x(13)
x(16)	x(15)	x(13)	x(10)	x(10)	x(11)	x(9)	x(10)	x(13)
<i>continue</i>								
Batas belakang		Batas kiri	Batas kanan	Batas kelurahan	Batas kecamatan	Longitude	Latitude	
x(13)		x(13)	x(20)	x(20)	x(18)	x(9)	x(10)	
x(13)		x(13)	x(20)	x(20)	x(18)	x(9)	x(10)	

Berdasarkan Tabel 1, dataset akhir mencakup atribut identitas pemilih, informasi administratif wilayah, serta koordinat geografis yang digunakan sebagai dasar analisis spasial. Data yang telah melalui proses konsolidasi dan pemfilteran ini selanjutnya digunakan dalam tahap klasterisasi menggunakan metode Fuzzy C-Means.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Clustering

Penerapan algoritma Fuzzy C-Means (FCM) pada data pemilih Kelurahan Bontorannu menghasilkan delapan pusat klaster (centroid) yang merepresentasikan lokasi ideal Tempat Pemungutan Suara (TPS). Distribusi spasial pusat klaster hasil proses clustering ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Clustering

Gambar 3 menunjukkan output visual dari algoritma FCM, yaitu 8 titik centroid yang menjadi pusat klaster. Setiap titik pada plot ini merepresentasikan lokasi geografis (latitude dan longitude) yang ideal untuk sebuah TPS. Analisis visual menunjukkan bahwa pusat-pusat klaster ini tersebar secara logis dan membentuk pengelompokan yang koheren, mengonfirmasi bahwa algoritma berhasil menemukan pusat-pusat lokasi yang efektif berdasarkan kepadatan sebaran pemilih. Adapun Hasil distribusi akhir pemilih per TPS disajikan pada Tabel 2.

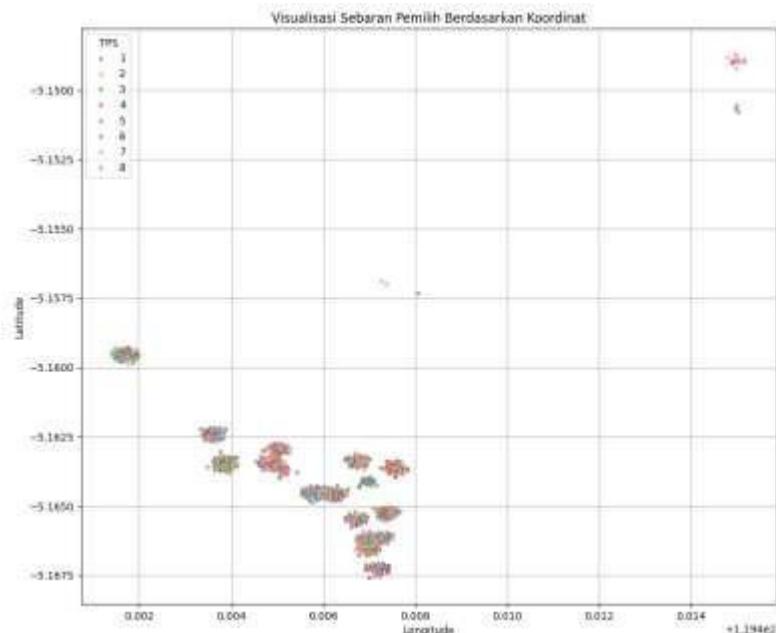
Tabel 2. pemrosesan Data

TPS	Jumlah Pemilih
1	569
2	562
3	568
4	568
5	547
6	546
7	174
8	569

Berdasarkan Tabel 2, seluruh TPS hasil klasterisasi memenuhi batasan kapasitas maksimum pemilih yang ditetapkan. Jumlah pemilih pada sebagian besar TPS berada pada kisaran yang relatif seimbang, mendekati kapasitas ideal. Namun, terdapat satu TPS dengan jumlah pemilih yang jauh lebih rendah dibandingkan TPS lainnya, yaitu TPS 7. Kondisi ini dipengaruhi oleh faktor geografis dan sebaran pemukiman yang tidak merata di wilayah penelitian, sehingga jumlah pemilih pada klaster tersebut lebih sedikit. Variasi jumlah pemilih antar TPS tersebut tidak menunjukkan kelemahan metode Fuzzy C-Means, melainkan mencerminkan karakteristik spasial wilayah yang dianalisis. Secara keseluruhan, hasil distribusi pemilih ini menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mampu mengakomodasi batasan kapasitas TPS serta menghasilkan pembagian pemilih yang konsisten dan dapat diterapkan dalam perencanaan distribusi TPS.

3.2. Analisis dan Evaluasi

Untuk mengevaluasi hasil distribusi pemilih terhadap TPS, dilakukan analisis sebaran spasial pemilih berdasarkan koordinat geografis setelah proses klasterisasi dan validasi kapasitas. Visualisasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola pemerataan beban dan konsistensi pengelompokan pemilih pada masing-masing TPS.



Gambar 2. Sebaran Pemilih

Berdasarkan Gambar 2, sebaran pemilih menunjukkan bahwa seluruh TPS telah memenuhi batasan kapasitas maksimum yang ditetapkan. Meskipun demikian, terdapat variasi jumlah pemilih antar TPS yang relatif signifikan, terutama pada TPS 7 yang memiliki jumlah pemilih lebih rendah dibandingkan TPS lainnya. Variasi tersebut disebabkan oleh kondisi geografis dan sebaran pemukiman yang tidak merata, bukan akibat dari kegagalan model clustering. Secara keseluruhan, visualisasi ini mengonfirmasi bahwa metode Fuzzy C-Means mampu menghasilkan pengelompokan pemilih yang konsisten secara spasial serta mendukung pemenuhan kapasitas dan pemerataan beban TPS.

4. Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa metode Fuzzy C-Means (FCM) dapat diterapkan secara efektif untuk mengoptimalkan distribusi pemilih ke Tempat Pemungutan Suara (TPS) berdasarkan kedekatan geografis. Dengan memanfaatkan data spasial dan demografis pemilih secara terintegrasi, metode FCM berhasil membentuk delapan klaster yang tersusun secara koheren dan merepresentasikan pola sebaran pemilih di wilayah penelitian. Hasil klasterisasi menunjukkan bahwa pembagian TPS yang dihasilkan mampu memenuhi batasan kapasitas maksimum pemilih serta menjaga keutuhan anggota keluarga dalam satu TPS.

Pendekatan berbasis clustering yang diusulkan menghasilkan proses distribusi pemilih yang lebih objektif dan terstruktur dibandingkan dengan metode manual yang umumnya digunakan. Model ini mengurangi potensi ketidakseimbangan beban antar TPS serta mendukung perencanaan lokasi TPS yang lebih sistematis dan terukur, khususnya pada wilayah perkotaan dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi dan distribusi pemilih yang tidak merata. Selain itu, penerapan metode FCM mampu mengakomodasi kompleksitas data pemilih yang mencakup aspek spasial dan administratif secara simultan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa pemanfaatan metode clustering berbasis data spasial memiliki potensi signifikan dalam meningkatkan kualitas perencanaan dan distribusi TPS. Model yang dikembangkan dapat digunakan sebagai dasar pendukung pengambilan keputusan bagi penyelenggara Pemilu dalam upaya meningkatkan efisiensi, pemerataan layanan, dan akuntabilitas proses pemungutan suara.

Journal:

- [1] H. Sosial, J. Pengabdian, and S. M. Volume, "Available online at: <https://pkm.lpkd.or.id/index.php/Harmoni>," no. 1, 2025.
- [2] A. Kristian Sumual, M. Gerson Lontaan, and Y. Supit, "Pelaksanaan Pemilu Di Indonesia Berdasarkan Perspektif Undang Undang Dasar 1945," *J. Law Nation*, vol. 2, no. Mei, pp. 103–112, 2023.
- [3] A. Z. Najib, S. Achmadi, and K. Auliasari, "SISTEM KLASIFIKASI DATA PENDUDUK UNTUK MENENTUKAN TEMPAT PEMUNGUTAN SUARA (TPS) DENGAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR (KNN) BERBASIS WEBSITE (STUDI KASUS : PEMILU DESA BULULAWANG)," vol. 8, no. 2, pp. 1323–1330, 2024.
- [4] Y. Galuh Larasati, H. Fernando, H. Jubba, I. Abdullah, M. R. Darus, and S. Iribaram, "Past preferences informing future leaders for Indonesian 2024 general elections," *Cogent Soc. Sci.*, vol. 9, no. 1, 2023, doi: 10.1080/23311886.2023.2229110.
- [5] H. N. Najiba and Hawignyo, "Strategi Penentuan Lokasi Warehouse Untuk Meningkatkan Efisiensi dan Efektivitas Pendistribusian Logistik Pada Pemilihan Umum Tahun 2024 di KPU," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 2024, no. 6, pp. 433–439, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10643478>.
- [6] Z. Zhang *et al.*, "To cite this version : HAL Id : hal-03080938 Dynamic Evidential Clustering Algorithm," 2021.
- [7] E. S. Dalmaijer, C. L. Nord, and D. E. Astle, ")," *BMC Bioinformatics*, vol. 23, no. 1, pp. 1–28, 2022, doi: 10.1186/s12859-022-04675-1.
- [8] F. Sattler, K. R. Muller, and W. Samek, "Clustered Federated Learning: Model-Agnostic Distributed Multitask Optimization under Privacy Constraints," *IEEE Trans. Neural Networks Learn. Syst.*, vol. 32, no. 8, pp. 3710–3722, 2021, doi: 10.1109/TNNLS.2020.3015958.
- [9] M. Ilham, D. S. Kartini, and N. Y. Yuningsih, "Strategi Pemerintahan Yang Dilakukan Komisi

- Pemilihan Umum Kota Pekanbaru Dalam Meningkatkan Kualitas Penyelenggara Pemilu Pada Pemilihan Presiden Dan Wakil Presiden Tahun 2019 (Studi Pada Kelompok Penyelenggara Pemungutan Suara)," *J. Acad. Praja*, vol. 7, no. 1, pp. 125–138, 2024, doi: 10.36859/jap.v7i1.1343.
- [10] M. M. G. Gokma Toni Parlindungan S, "Pendidikan Pengawasan Pemilu Bagi Masyarakat Untuk Mewujudkan Pemilu Berintegritas," *Ensiklopedia Educ. Rev.*, vol. 5, no. 1, pp. 6–12, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
- [11] A. Gupta, S. Datta, and S. Das, "Fuzzy Clustering to Identify Clusters at Different Levels of Fuzziness: An Evolutionary Multiobjective Optimization Approach," *IEEE Trans. Cybern.*, vol. 51, no. 5, pp. 2601–2611, 2021, doi: 10.1109/TCYB.2019.2907002.
- [12] M. S. Hashish *et al.*, "Monte Carlo Simulation and a Clustering Technique for Solving the Probabilistic Optimal Power Flow Problem for Hybrid Renewable Energy Systems," *Sustain.*, vol. 15, no. 1, 2023, doi: 10.3390/su15010783.
- [13] C. Shi, B. Wei, S. Wei, W. Wang, H. Liu, and J. Liu, "A quantitative discriminant method of elbow point for the optimal number of clusters in clustering algorithm," *Eurasip J. Wirel. Commun. Netw.*, vol. 2021, no. 1, 2021, doi: 10.1186/s13638-021-01910-w.
- [14] D. Surangsrirat, P. Sri-iesaranusorn, A. Chaiyaroj, P. Vateekul, and R. Bhidayasiri, "Parkinson's disease severity clustering based on tapping activity on mobile device," *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–11, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-06572-2.
- [15] A. Yandra, A. Faridhi, E. Asnawi, H. Setiawan, Sudaryanto, and I. M. Yasir, "How Can the Foundations of Democracy be Weakened? Case Study of Inaccuracy and Independency of Election Data in Indonesia," *J. Ecohumanism*, vol. 4, no. 1, pp. 304–317, 2025, doi: 10.62754/joe.v4i1.5293.