

IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN BANJIR DI KOTA BENGKULU MENGUNAKAN K-MEANS CLUSTERING DENGAN PYTHON

Bintang Hadi, RG Guntur Alam, Ujang Juhardi, Agung Kharisma Hidayah

Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Bengkulu

Jl. Bali, Kp. Bali, Kota Bengkulu, Indonesia

bintanghadi91@gmail.com

ABSTRAK

Kota Bengkulu merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang rentan terhadap bencana banjir, terutama akibat tingginya curah hujan serta perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali. Permasalahan utama dalam mitigasi banjir adalah kurangnya identifikasi wilayah rawan secara sistematis berbasis data. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi daerah rawan banjir di Kota Bengkulu dengan memanfaatkan algoritma K-Means Clustering berbasis Python. Data yang digunakan meliputi curah hujan dari BMKG periode April hingga Desember 2024 dan data historis banjir dari BNPB. Metode penelitian terdiri dari tahap pengumpulan dan praproses data, penerapan algoritma K-Means menggunakan Rumus Jarak Absolut, serta visualisasi hasil menggunakan pustaka matplotlib. Hasil analisis menghasilkan tiga kategori wilayah: risiko tinggi, sedang, dan rendah. Kecamatan Muara Bangka Hulu teridentifikasi sebagai wilayah dengan risiko tinggi, sedangkan Teluk Segara tergolong risiko rendah. Validasi dengan data historis menunjukkan hasil yang akurat dan relevan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan kebijakan mitigasi banjir di Kota Bengkulu, serta menjadi referensi bagi penerapan metode serupa di wilayah lain.

Kata kunci : Banjir, Curah Hujan, K-Means Clustering, Kota Bengkulu, Mitigasi

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang terletak di daerah khatulistiwa, di antara Benua Asia dan Australia. Letaknya yang berada di pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia menjadikan Indonesia rentan terhadap berbagai bencana alam [1]. Dampak dari bencana ini dapat berupa kerugian langsung maupun tidak langsung, seperti korban jiwa, kerusakan infrastruktur, kerugian ekonomi, kerusakan lingkungan, dan dampak psikologis pada masyarakat terdampak [2]. Meskipun bencana tidak dapat sepenuhnya dicegah, dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan dapat diminimalkan melalui berbagai upaya mitigasi yang terencana [3].

Kota Bengkulu, yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, memiliki karakteristik iklim yang dipengaruhi oleh faktor regional dan internasional. Wilayah ini rentan terhadap bencana hidrometeorologis, termasuk banjir, yang disebabkan oleh curah hujan tinggi, perubahan iklim, dan pembangunan yang pesat. Selain itu, Kota Bengkulu juga menghadapi ancaman bencana lainnya seperti gempa bumi, tanah longsor, kekeringan, cuaca ekstrem, serta gelombang tinggi atau abrasi [4].

Banjir merupakan salah satu bencana yang paling sering terjadi dan berdampak besar, tidak hanya di Indonesia tetapi juga di berbagai belahan dunia. Faktor utama penyebab banjir meliputi faktor alam seperti curah hujan yang tinggi, erosi, sedimentasi, topografi, dan kapasitas sungai yang tidak memadai, serta faktor manusia seperti perubahan tata guna lahan, penumpukan sampah, dan sistem drainase yang buruk [5]. Oleh karena itu, pemetaan daerah rawan banjir

sangat diperlukan guna mendukung perencanaan mitigasi yang lebih efektif.

Dalam upaya mitigasi bencana banjir, data curah hujan menjadi salah satu komponen penting dalam mengidentifikasi daerah rawan banjir. Data ini dapat digunakan untuk menganalisis pola curah hujan dan menentukan wilayah dengan risiko tinggi. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam analisis ini adalah Clustering, yang memungkinkan pengelompokan wilayah berdasarkan pola curah hujan. K-Means Clustering adalah salah satu algoritma yang sering digunakan dalam Clustering, yang membagi data ke dalam sejumlah kelompok berdasarkan tingkat kesamaan antar data [6]. Algoritma ini bekerja dengan mengelompokkan data ke dalam k cluster, di mana setiap cluster memiliki pusat (centroid) yang merepresentasikan karakteristik data di dalamnya. Keunggulan metode ini terletak pada efisiensinya dalam mengolah data berskala besar serta kemampuannya untuk mengidentifikasi pola dalam data cuaca, seperti curah hujan.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas algoritma K-Means Clustering dalam mengelompokkan daerah rawan banjir berdasarkan pola curah hujan BMKG. Selain itu, penelitian ini juga akan membandingkan hasil Clustering dengan data historis banjir di Kota Bengkulu guna mengevaluasi keakuratan metode yang digunakan. Hasil akhir dari penelitian ini akan divisualisasikan dalam bentuk peta daerah rawan banjir yang dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan mitigasi bencana oleh pemerintah daerah dan pemangku kepentingan lainnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengaplikasikan teknik Clustering untuk memetakan daerah rawan banjir, menunjukkan efektivitas pendekatan ini dalam mengidentifikasi wilayah dengan tingkat risiko bencana yang tinggi.

Penelitian yang dilakukan oleh Xaverius Moruk menggunakan algoritma K-Means untuk mengelompokkan wilayah di Kabupaten Malaka ke dalam beberapa kategori risiko banjir, yaitu Sangat Rawan, Rawan, Terancam, Aman, dan Paling Aman. Studi ini menunjukkan bahwa setelah tiga iterasi, nilai cluster menjadi stabil dan tidak mengalami perubahan, yang mengindikasikan konsistensi dalam pengelompokan data. Temuan ini memperkuat keandalan algoritma K-Means dalam mengklasifikasikan wilayah berdasarkan tingkat kerawanan terhadap banjir, serta dapat menjadi referensi bagi pengambilan keputusan dalam upaya mitigasi bencana [6].

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Adisanjaya juga menerapkan teknik Clustering untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan pola curah hujan yang diamati selama periode tertentu. Wilayah dengan curah hujan tinggi dikategorikan sebagai daerah berisiko banjir lebih besar, sedangkan wilayah dengan curah hujan rendah dimasukkan ke dalam kelompok yang lebih aman. Hasil penelitian ini memberikan panduan yang lebih jelas bagi pihak berwenang dalam merancang strategi mitigasi yang lebih terarah sesuai dengan tingkat kerawanan masing-masing wilayah [7].

Penelitian yang dilakukan oleh Febby Arisca Zurfani menganalisis metode Clustering K-Means dalam zonasi daerah terdampak banjir di Kota Medan dengan evaluasi Silhouette Coefficient. Studi ini menunjukkan bahwa metode K-Means berhasil mengelompokkan daerah menjadi tiga kategori: aman, rawan, dan sangat rawan banjir. Hasil evaluasi menggunakan Silhouette Coefficient menghasilkan nilai 0,9, yang menunjukkan bahwa Clustering cukup signifikan. Namun, penelitian ini juga mencatat bahwa keakuratan model sangat bergantung pada kualitas data yang digunakan, termasuk data topografi dan catatan historis Banjir [8].

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Makmun Effendi & Siswandi, menganalisis prediksi wilayah rawan banjir di Kabupaten Bekasi menggunakan algoritma K-Means. Studi ini membagi daerah terdampak menjadi tiga kategori: banjir tinggi, banjir sedang, dan banjir rendah. Hasil evaluasi menggunakan Davies-Bouldin Index menunjukkan nilai -0,452, yang mengindikasikan bahwa metode Clustering yang digunakan cukup efektif. Namun, penelitian ini juga mencatat bahwa keakuratan model sangat bergantung pada kualitas data, termasuk jumlah titik banjir dan curah hujan rata-rata [9].

2.2. Banjir

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologis yang sering terjadi di Indonesia, terutama di daerah pesisir seperti Kota Bengkulu. Menurut Gaffar, banjir terjadi ketika luapan air melebihi kapasitas sungai atau drainase, yang dapat disebabkan oleh faktor alam seperti curah hujan tinggi, topografi wilayah, erosi, dan sedimentasi. Selain itu, faktor manusia seperti perubahan tata guna lahan, pembangunan yang tidak terkendali, serta sistem drainase yang buruk juga turut memperburuk risiko banjir.

Dampak dari banjir dapat berupa kerusakan infrastruktur, gangguan aktivitas ekonomi, serta risiko kesehatan bagi masyarakat terdampak. Oleh karena itu, diperlukan strategi mitigasi yang berbasis data untuk mengidentifikasi daerah dengan risiko tinggi, sehingga langkah antisipasi dapat diambil secara lebih efektif.

2.3. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu indikator utama dalam pemetaan risiko banjir. Menurut Ruswanti, curah hujan diukur dalam satuan milimeter (mm) dan dapat diklasifikasikan berdasarkan intensitasnya, yaitu gerimis (<2,5 mm/jam), sedang (2,5–10 mm/jam), lebat (10–50 mm/jam), dan ekstrem (>50 mm/jam) [10].

Analisis curah hujan yang dilakukan oleh Rafi menunjukkan bahwa pemantauan data curah hujan dapat membantu dalam prediksi banjir dan mitigasi bencana. Data curah hujan yang dikumpulkan dari BMKG dapat digunakan untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan tingkat risiko banjir, sehingga strategi penanganan bencana dapat lebih terarah [11].

2.4. Clustering

Clustering adalah teknik dalam data mining yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kesamaan karakteristik. Menurut Sibarani, Clustering sering digunakan dalam analisis spasial, termasuk pemetaan wilayah rawan bencana. Dengan menggunakan Clustering, pola dalam data dapat diidentifikasi tanpa memerlukan label awal, sehingga cocok untuk eksplorasi data dalam jumlah besar [12].

Dalam konteks analisis banjir, metode Clustering dapat membantu mengelompokkan wilayah berdasarkan pola curah hujan dan kejadian banjir. Hal ini memungkinkan identifikasi daerah dengan tingkat risiko tinggi, sedang, dan rendah, yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan mitigasi.

2.5. K-Means Clustering

K-Means Clustering merupakan salah satu algoritma unsupervised learning yang paling umum digunakan dalam pengelompokan data. Algoritma ini bekerja dengan membagi data ke dalam k cluster berdasarkan kedekatan antar data, dengan setiap cluster memiliki centroid yang merepresentasikan pusat dari kelompok tersebut [13].

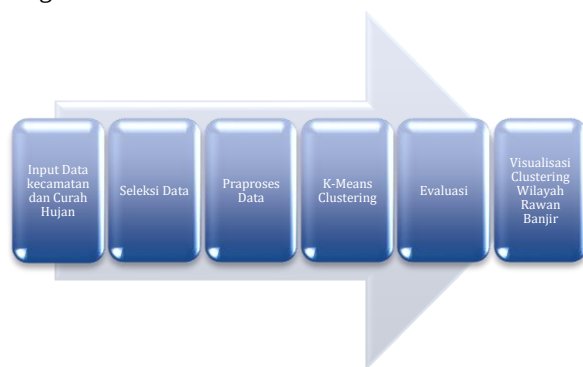
Menurut Xaverius Moruk, K-Means Clustering telah digunakan untuk mengidentifikasi daerah rawan banjir di Kabupaten Malaka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ini dapat membagi wilayah ke dalam kategori sangat rawan, rawan, terancam, aman, dan paling aman, yang memudahkan pengambilan keputusan dalam mitigasi bencana.

Penelitian lain oleh Zurfani menerapkan metode K-Means untuk zonasi daerah terdampak banjir di Kota Medan. Hasil evaluasi menggunakan Silhouette Coefficient menunjukkan nilai 0,9, yang menandakan bahwa metode ini memiliki pemisahan cluster yang signifikan [8].

3. METODE PENELITIAN

Tahap implementasi dalam penelitian ini mencakup perancangan sistem untuk mengolah data curah hujan guna mengidentifikasi wilayah rawan banjir. Alur kerja sistem dimulai dari pengumpulan data curah hujan yang diperoleh dari BMKG Kota Bengkulu. Data yang telah dikumpulkan kemudian melalui tahap pra-pemrosesan untuk memastikan kualitas dan konsistensinya sebelum dianalisis.

Setelah itu, data diproses menggunakan metode K-Means Clustering, yang bertujuan untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan tingkat curah hujan. Proses ini menghasilkan tiga kategori wilayah, yaitu risiko banjir tinggi, sedang, dan rendah. Informasi yang dihasilkan dari pengolahan data ini dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam mitigasi bencana banjir di Kota Bengkulu.



Gambar 1. Alur Kerja Sistem

3.1. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data curah hujan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kota Bengkulu untuk periode April hingga Desember 2024. Selain itu, data kejadian banjir diperoleh dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) guna membandingkan pola curah hujan dengan kejadian banjir di 9 kecamatan di Kota Bengkulu.

3.2. Praproses Data

Sebelum dianalisis, data curah hujan melalui beberapa tahap pra-pemrosesan untuk memastikan kualitasnya pertama dilakukannya Pembersihan Data

untuk Menghapus data yang tidak valid, duplikasi, serta memastikan satuan curah hujan dalam milimeter (mm). Lalu Penanganan Nilai Hilang dilakukan Menggunakan metode imputasi rata-rata jika terdapat data yang hilang. Dan Agregasi Data untuk Mengubah data harian menjadi data bulanan guna mengidentifikasi pola curah hujan dalam periode penelitian.

3.3. K-Means Clustering

K-Means Clustering adalah metode pengelompokan data non-hierarki yang digunakan untuk mengelompokkan objek berdasarkan kesamaan karakteristik tertentu. Dalam penelitian ini, metode K-Means diterapkan untuk mengelompokkan kecamatan di Kota Bengkulu berdasarkan tingkat curah hujan guna mengidentifikasi daerah rawan banjir. Berikut Langkah-langkah yang di algoritma K-Means Clustering dalam penelitian ini :

a. Inisialisasi Centroid

Tahap awal dalam algoritma K-Means Clustering adalah menentukan jumlah cluster (k) yang akan digunakan.

Tabel 1. Cluster Yang digunakan

Cluster	Keterangan
1	Daerah Rawan Banjir Tinggi
2	Daerah Rawan Banjir Sedang
3	Daerah Rawan Banjir Rendah

Setelah itu, titik centroid awal dipilih secara acak dari dataset curah hujan dan akan berfungsi sebagai pusat awal dalam proses pengelompokan data.

Tabel 2. Centroid Awal

Cluster	Keterangan
C1	2408
C2	2286
C3	1913

b. Pada tahap ini, jarak antara setiap data curah hujan dengan masing-masing centroid dihitung menggunakan rumus jarak absolut berikut rumusnya :

$$d(x, c) = |x - c| \quad (1)$$

Keterangan :

$d(x, c)$ adalah jarak antara titik x dan centroid c

x adalah nilai data curah hujan

c adalah nilai centroid suatu cluster

lalu setelah perhitungan dilakukan, setiap kecamatan di kota Bengkulu akan di kelompokkan ke dalam cluster berdasarkan centroid terdekat.

c. Perhitungan Centroid Baru

Setelah semua data awal dikelompokkan, nilai centroid baru dihitung sebagai rata-rata curah hujan dari semua kecamatan dalam satu cluster.

d. Iterasi Hingga Konvergen

Proses penghitungan ulang jarak dan pembaruan centroid diulang hingga tidak ada lagi perubahan signifikan pada anggota cluster atau nilai centroid,

yang menandakan bahwa algoritma telah mencapai kondisi stabil (konvergen).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data curah hujan yang dikumpulkan dari 9 kecamatan di Kota Bengkulu. Data ini diperoleh dari situs resmi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan mencakup informasi curah hujan harian (mm) untuk periode April – Desember 2024. Dataset pada Tabel 3 berisi data curah hujan dari masing-masing kecamatan yang digunakan sebagai dasar analisis dalam penelitian ini.

Tabel 3. Tabel Data set (Cluster Kota Bengkulu)

Kecamatan	Curah Hujan (mm)
Gading Cempaka	2286
Kampung Melayu	1913
Muara Bangka Hulu	2408
Ratu Agung	1936
Ratu Samban	2024
Selebar	2233
Singaran Pati	2142
Sungai Serut	2264
Teluk Segara	1897

Sumber : BMKG Kota Bengkulu (April-Desember)

Tabel 4. Kejadian Banjir Di beberapa kecamatan Kota Bengkulu

Kecamatan	Kejadian Banjir
Gading Cempaka	5
Kampung Melayu	3
Muara Bangka Hulu	6
Ratu Agung	3
Ratu Samban	3
Selebar	4
Singaran Pati	4
Sungai Serut	5
Teluk Segara	2

Tabel 4 menunjukkan jumlah kejadian banjir di beberapa kecamatan di Kota Bengkulu berdasarkan data yang diperoleh dari Website BNPB. Data ini digunakan dalam analisis clustering untuk mengidentifikasi pola hubungan antara curah hujan dan kejadian banjir yang disebabkan oleh curah hujan itu sendiri.

4.2. Praproses Data

Tahap selanjutnya adalah praproses data, di mana dalam tahap ini dilakukan pengelompokan data per bulan dan penjumlahan total curah hujan. Dengan tahapan ini, data curah hujan menjadi lebih terstruktur dan siap untuk dianalisis menggunakan K-Means Clustering dalam mengidentifikasi daerah rawan banjir di Kota Bengkulu.

4.3. K-Means Clustering

Dalam tahap clustering ini menggunakan dataset yang ada di tabel 3, dengan jumlah clustering yang

sudah ditentukan di tabel 1 serta centroid awal di tabel 2. Selanjutnya yaitu melakukan perhitungan dengan jarak absolut sebagai contoh dengan centroid awal C1.

$$\text{Data 1} = |2286 - 2408| = 122$$

$$\text{Data 2} = |1913 - 2408| = 495$$

$$\text{Data 3} = |2408 - 2408| = 0$$

Perhitungan ini dilakukan untuk semua centroid (C_1 , C_2 , dan C_3), kemudian setiap kecamatan dikelompokkan ke dalam cluster dengan centroid terdekat. Setelah semua data diklasifikasikan, centroid baru dihitung berdasarkan rata-rata data dalam masing-masing cluster. Proses ini dilakukan secara iteratif, hingga iterasi ke-3,

Tabel 5. Hasil Clustering Daerah Rawan Banjir Menggunakan K-Means

Kecamatan	Curah Hujan	Iterasi Ke-1	Iterasi Ke-2	Iterasi Ke-3
Gading Cempaka	2286	C_2	C_2	C_2
Kampung Melayu	1913	C_3	C_3	C_3
Muara Bangka Hulu	2408	C_1	C_1	C_1
Ratu Agung	1936	C_3	C_3	C_3
Ratu Samban	2024	C_3	C_3	C_3
Selebar	2233	C_2	C_2	C_2
Singaran Pati	2142	C_2	C_2	C_2
Sungai Serut	2264	C_2	C_2	C_2
Teluk Segara	1897	C_3	C_3	C_3

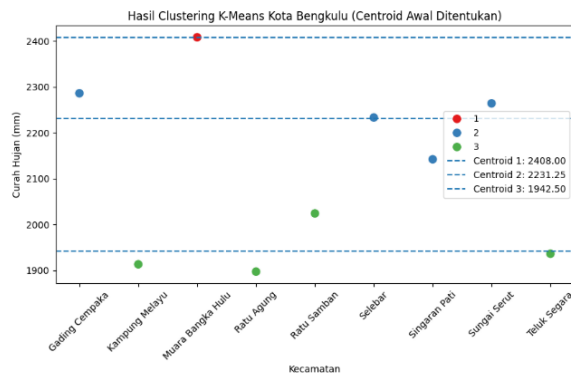
Hasil akhir pengelompokan wilayah berdasarkan tingkat risiko banjir disajikan dalam Tabel 4.2 Clustering Daerah Rawan Banjir. Tabel ini menunjukkan bagaimana daerah-daerah di Kota Bengkulu dikelompokkan berdasarkan pola curah hujan mereka.

Selanjutnya, perhitungan dilakukan secara otomatis menggunakan pemrograman Python dengan cluster dan centroid awal yang sudah ditentukan tadi dengan hasil clustering dengan python.

Tabel 6. Hasil Clustering K-Means Menggunakan Python

Cluster	Kecamatan
1	Muara Bangka Hulu
2	Gading Cempaka
	Selebar
	Singaran Pati
	Sungai Serut
3	Kampung Melayu
	Ratu Agung
	Ratu Samban
	Teluk Segara

Lalu hasil clustering tersebut di visualisasikan dalam scatter plot



Gambar 2. Visualisasi Clustering

Gambar 2 menunjukkan hasil visualisasi tiga kelompok cluster yang terbentuk melalui proses K-Means Clustering. Setiap cluster memiliki centroid sebagai titik pusatnya, di mana centroid 0 mewakili Cluster 1, centroid 1 mewakili Cluster 2, dan centroid 2 mewakili Cluster 3. Visualisasi ini menggambarkan persebaran data berdasarkan curah hujan, dengan setiap cluster ditandai menggunakan warna berbeda untuk mempermudah interpretasi.

4.4. Evaluasi Hasil

Evaluasi ini dilakukan untuk menilai algoritma K-Means Clustering dalam mengelompokkan daerah rawan banjir berdasarkan data curah hujan. Hasil klasterisasi kemudian dibandingkan dengan kejadian banjir di Kota Bengkulu untuk mengukur akurasi metode yang digunakan.

Tabel 7. Keselarasan Hasil Clustering K-Means dengan Pola Kejadian Banjir

Kecamatan	Curah Hujan	Hasil Clustering manual	Hasil Clustering Python	Kejadian Banjir
Gading Cempaka	2286	C ₂	C ₂	5
Kampung Melayu	1913	C ₃	C ₃	3
Muara Bangka Hulu	2408	C ₁	C ₁	6
Ratu Agung	1936	C ₃	C ₃	3
Ratu Samban	2024	C ₃	C ₃	3
Selebar	2233	C ₂	C ₂	4
Singaran Pati	2142	C ₂	C ₂	4
Sungai Serut	2264	C ₂	C ₂	5
Teluk Segara	1897	C ₃	C ₃	2

Dari tabel ini, terlihat bahwa hasil clustering selaras dengan pola kejadian banjir, menunjukkan bahwa metode K-Means berhasil mengelompokkan daerah rawan banjir berdasarkan curah hujan secara akurat. Hasil analisis menunjukkan bahwa Kecamatan Muara Bangka Hulu termasuk dalam kategori rawan

banjir tinggi dengan jumlah kejadian banjir terbanyak. Sebaliknya, Kecamatan Teluk Segara memiliki jumlah kejadian banjir paling sedikit, sehingga dapat dikategorikan sebagai daerah dengan risiko banjir rendah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

metode K-Means Clustering Berhasil untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan daerah rawan banjir di Kota Bengkulu berdasarkan data curah hujan yang diperoleh dari BMKG. Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah Kota Bengkulu dapat diklasifikasikan ke dalam tiga tingkat kerawanan banjir, yaitu tinggi, sedang, dan rendah.

Melalui metode clustering, penelitian ini tidak hanya berhasil mengidentifikasi daerah berisiko tinggi terhadap banjir, tetapi juga memberikan wawasan lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang memengaruhi tingkat kerawanan tersebut. Penggunaan Python dalam analisis data terbukti efektif dalam menghasilkan hasil yang akurat dan efisien. Validasi yang dilakukan menunjukkan konsistensi antara perhitungan manual dan hasil implementasi program, sehingga memperkuat keandalan metode yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pawiliyah, Fernalia, Neni Triana, and Rafidiani sazarni, "SOSIALISASI CARA PENYELAMATAN DIRI DARI BENCANA BANJIR PADA KELOMPOK WARGA KELURAHAN BENTIRING KOTA BENGKULU," *JURNAL KREATIVITAS PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (PKM)*, 2021.
- [2] Reni Insiyiroh, Sri Indarti, and T. Darmi, "Peran Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Bengkulu dalam Penanggulangan Bencana Banjir di Kelurahan Rawa Makmur Kota Bengkulu," *Jurnal Manajemen Publik dan Kebijakan Publik (JMPKP)*, vol. 5, no. 2, pp. 223–238, Aug. 2023, doi: 10.36085/jmpkp.v5i2.5202.
- [3] A. Taryana, M. R. El Mahmudi, and H. Bekt, "ANALISIS KESIAPSIAGAAN BENCANA BANJIR DI JAKARTA," *JANE - Jurnal Administrasi Negara*, vol. 13, no. 2, p. 302, Feb. 2022, doi: 10.24198/jane.v13i2.37997.
- [4] E. Efriyani, N. Nirwana, and M. Farid, "Pemetaan ancaman bencana banjir kecamatan sungai serut, sebagai media pembelajaran topik bahasan global warming di SMKN 3 Kota Bengkulu," *PENDIPA Journal of Science Education*, vol. 2, no. 1, pp. 100–105, Feb. 2018, doi: 10.33369/pendipa.2.1.100-105.
- [5] Eddy Z Gaffar, "Pemetaan dan Kajian Bencana Tsunami Daerah Kota Bengkulu," 2007.
- [6] F. Xavierius Moruk *et al.*, "Penentuan Titik Lokasi Daerah Rawan Banjir Di Kabupaten Malaka Menggunakan Metode K-Means

- Clustering,” 2023. [Online]. Available: <http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/simpatik>
- [7] N. N. Adisanjaya, A. Tommy, A. Prawira Kusuma, G. Ngurah, and M. Nugraha, “Pemetaan Zonasi Daerah Rawan Banjir di Denpasar Bali dengan Metode K-MEANS CLUSTERING Mapping of Flood Prone Areas in Denpasar Bali with the K-MEANS CLUSTERING method 1*),” vol. 5, no. 2, pp. 37–46, 2021.
- [8] Febby Arisca Zurfani, Sawaluddin, Mardiningsih, and Muhammad Romi Syahputra, “Analisis Metode Clustering K-Means pada Zonasi Daerah Terdampak Banjir di Kota Medan dengan Evaluasi Silhouette Coefficient,” *Algoritma : Jurnal Matematika, Ilmu pengetahuan Alam, Kebumihan dan Angkasa*, vol. 2, no. 6, pp. 170–181, Nov. 2024, doi: 10.62383/algoritma.v2i6.270.
- [9] M. Makmun Effendi and A. Siswandi, “Analysis Prediksi Wilayah Rawan Banjir dengan Algoritma K-Means,” *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 5, no. 2, pp. 697–703, 2024, doi: 10.47065/josh.v5i2.4770.
- [10] D. Ruswanti, “PENGUKURAN PERFORMA SUPPORT VECTOR MACHINE DAN NEURAL NETWOK DALAM MERAMALKAN TINGKAT CURAH HUJAN,” 2020.
- [11] R. S. Hidayat, M. R. Muttaqin, and D. Irmayanti, “PENGELOMPOKAN DAERAH RAWAN BENCANA DI JAWA TENGAH MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS CLUSTERING,” 2024.
- [12] R. Sibarani, “ALGORITHM K-MEANS CLUSTERING STRATEGI PEMASARAN PENERIMAAN MAHASISWA BARU UNIVERSITAS SATYA NEGARA INDONESIA [ALGORITHM K-MEANS CLUSTERING STRATEGY MARKETING ADMISSION UNIVERSITAS SATYA NEGARA INDONESIA],” 2018.
- [13] N. , P. Iswara. R. & A. F. Buslim, “THE MODELING OF ‘MUSHTAHQ’ DATA USING K-MEANS CLUSTERING ALGORITHM AND BIG DATA ANALYSIS (CASE STUDY:LAZ).,” *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 13, 2020