

MENGANALISIS POLA DEFORESTASI HUTAN LINDUNG DI SULAWESI TENGGARA MENGGUNAKAN METODE K-MEANS

Wa Ode Ika Febryanti¹, Sri Adiningsi², Rizal Adi Saputra³

^{1,2}Teknik Informatika, Teknik, Universitas Halu Oleo

¹waodeikafebryanti@gmail.com, ²sriadiningsi21@gmail.com, ³rizaladisaputra@uho.ac.id

Corresponding author : rizaladisaputra@uho.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis pola deforestasi di hutan lindung Sulawesi Tenggara dengan menggunakan metode fuzzy k-means. Meskipun Indonesia diakui sebagai paru-paru dunia, deforestasi terus terjadi, termasuk di wilayah tersebut. Metode fuzzy k-means digunakan untuk mengidentifikasi pola deforestasi kompleks dan memahami faktor-faktor yang memengaruhi. Data tentang luas hutan lindung, sejarah deforestasi, dan faktor lain dikumpulkan dan dianalisis. Hasilnya menunjukkan pemisahan yang baik antara wilayah rentan deforestasi dan yang memiliki potensi rendah. Pembobotan wilayah mencerminkan tingkat kemungkinan deforestasi. Evaluasi menggunakan metrik seperti *Silhouette Coefficient*, *Davies-Bouldin Index*, dan *Calinski-Harabasz Index* menunjukkan klusterisasi yang baik. Penelitian ini memberikan pemahaman mendalam tentang tingkat deforestasi di hutan lindung Sulawesi Tenggara dan dasar untuk pengelolaan yang lebih efektif. Namun, menekankan perlunya pemantauan, perlindungan, pengelolaan berkelanjutan, partisipasi masyarakat, kolaborasi, dan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan pemahaman tentang deforestasi di wilayah ini.

Kata kunci: deforestasi, hutan lindung, fuzzy k-means, sulawesi tenggara.

1. Pendahuluan

Hutan Indonesia dikenal sebagai salah satu paru-paru dunia yang penting karena berperan dalam menyediakan oksigen bagi kehidupan makhluk hidup dan menyerap karbon dioksida yang berbahaya. Selain itu, hutan juga menghasilkan gas oksigen yang sangat dibutuhkan oleh manusia (Wahyuni & Suranto, 2021). Pada tahun 2022, sektor kehutanan di Indonesia mencakup luas wilayah sekitar 125.817.022,96 hektar, termasuk kawasan hutan darat dan perairan, meskipun luas wilayah hutan yang masih tersisa sekitar 120.495.701,96 hektar. Di Sulawesi Tenggara, terdapat area perlindungan hutan dan air seluas 3.743.670,85 hektar yang menjadi penting dalam menjaga keberlanjutan ekosistem hutan di wilayah tersebut. (Alimuna & Srifitriani, 2022).

Hutan memiliki peran penting dalam pandangan masyarakat sebagai lahan usaha dan sebagai sumber berbagai keperluan sehari-hari. Untuk meningkatkan taraf kehidupan masyarakat di sekitar hutan, pengelolaan produk hutan non-kayu dan pemanfaatan jasa lingkungan secara

berkelanjutan menjadi sangat penting (Haryani & Rijanta, R, 2019). Namun, ketergantungan masyarakat pada sumber daya hutan masih tinggi dan terdapat berbagai kepentingan yang terkait dengan politik dan ekonomi, terutama terkait penebangan pohon dan konversi lahan. Akibatnya, fungsi ekologis hutan terganggu dan status sosial masyarakat terpengaruh oleh keberadaan hutan. Selain itu, perusakan hutan terus meningkat seiring berjalannya waktu. Masalah yang muncul adalah pemenuhan kebutuhan yang terus bertambah namun tidak diimbangi dengan penambahan lahan. Hal ini mengakibatkan banyaknya penggunaan lahan yang didasarkan pada kepentingan individu tanpa mempertimbangkan kesesuaian lahan tersebut (Alwan, Barkey & Syafri, 2020).

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), deforestasi adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan penebangan hutan. Deforestasi terjadi ketika area hutan ditebangi dan digantikan oleh aktivitas budidaya lainnya. Istilah yang juga sering digunakan untuk deforestasi adalah penebangan hutan. Proses ini umumnya melibatkan pengalihan penggunaan lahan untuk kepentingan lain,

seperti pertanian, peternakan, atau pemukiman (Septiyan, A. R., 2019). Dalam perspektif ilmu kehutanan, deforestasi diartikan sebagai keadaan di mana tutupan hutan dan atribut-atribut yang ada di dalamnya hilang, yang berdampak pada kerusakan struktur dan fungsi hutan (Rimbakita, 2020).

Lingkup permasalahan penelitian ini meliputi pengumpulan data tentang luas hutan lindung, data historis tentang deforestasi, dan faktor-faktor lain yang berpotensi mempengaruhi deforestasi di wilayah tersebut. Selain itu, penelitian ini juga akan menggunakan metode fuzzy k-means untuk menganalisis pola dan tren deforestasi, serta mengidentifikasi kluster atau daerah yang rentan terhadap deforestasi.

Metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah fuzzy k-means, yang merupakan modifikasi dari metode k-means konvensional. Pendekatan ini memungkinkan adanya *overlap* atau ketidakjelasan dalam pengelompokan data, yang lebih sesuai untuk memodelkan tingkat keparahan deforestasi. Dengan menggunakan metode ini, penelitian akan mencoba mengidentifikasi pola-pola deforestasi yang lebih kompleks dan memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi deforestasi di Sulawesi Tenggara.

Dalam metode fuzzy k-means, data deforestasi akan diolah dan dikelompokkan ke dalam kluster berdasarkan tingkat keanggotaannya dalam setiap kluster. Kemudian, dengan menggunakan algoritma fuzzy k-means, akan dilakukan analisis pola deforestasi di wilayah hutan lindung di Sulawesi Tenggara berdasarkan pola-pola yang teridentifikasi. Metode ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang tingkat deforestasi di wilayah tersebut dan memberikan dasar untuk pengambilan keputusan yang lebih efektif dalam pengelolaan hutan lindung di Sulawesi Tenggara.

2. Landasan Teori

2.1 Fuzzy Clustering

Metode *Fuzzy Clustering* berbeda dengan metode pengelompokan lainnya dimana suatu objek adalah anggota dari sebuah *cluster*, semua data dapat menjadi anggota dari beberapa *cluster* dalam mode fuzzy cluster K-Means bahwa batas cluster ketat, sedangkan untuk *fuzzy cluster* batas cluster kabur. Secara umum, teknik fuzzy cluster adalah meminimalkan fungsi objektif dengan parameternya Fungsi utamanya adalah fungsi keanggotaan fuzzy, disebut juga *fuzzier* (Proboyekti & Oetomo 2012).

Dalam metode Fuzzy K-Means, langkah awalnya adalah menentukan posisi pusat kluster yang mewakili rata-rata lokasi setiap kluster. Pada tahap awal, posisi pusat kluster tersebut mungkin belum akurat. Setiap titik data diberikan derajat keanggotaan terhadap setiap kluster. Melalui proses perbaikan berulang pada pusat kluster dan derajat keanggotaan tiap titik data, terlihat bahwa pusat kluster akan bergerak mendekati lokasi yang lebih tepat.

2.2 Algoritma Fuzzy K-Means

Pada tahun 1973, Dunn memperkenalkan Fuzzy K-Means sebagai salah satu metode pengelompokan fuzzy clustering, yang kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Bezdek pada tahun 1981. Algoritma Fuzzy K-Means digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan tingkat keanggotaan setiap titik data dalam kluster-kluster yang ada (Wahyudi, Irawan & Rochana, S.). Dalam metode ini, setiap titik data memiliki derajat keanggotaan pada setiap kluster, yang nilainya berkisar antara 0 dan 1. Hal ini memungkinkan adanya ketidakpastian atau keanggotaan parsial terhadap kluster-kluster yang ada. Melalui proses iteratif, algoritma Fuzzy K-Means memperbarui pusat-pusat kluster dan derajat keanggotaan setiap titik data hingga mencapai konvergensi. Dengan menggunakan metode ini, Fuzzy K-Means mampu menggambarkan tingkat keterkaitan atau kemungkinan suatu data terhadap setiap kluster dengan lebih fleksibel.

Metode Fuzzy K-Means merupakan hasil pengembangan lebih lanjut dari metode K-Means dengan menggabungkan prinsip Fuzzy dalam proses pengelompokan data. Dalam Fuzzy K-Means, setiap data memiliki derajat keanggotaan pada setiap kluster yang nilainya berkisar antara 0 dan 1. Hal ini memungkinkan data untuk menjadi anggota dari semua kluster dengan tingkat keanggotaan yang sesuai. Dengan menggunakan derajat keanggotaan ini, Fuzzy K-Means dapat menggambarkan tingkat keterkaitan atau kemungkinan suatu data terhadap setiap kluster. Dengan demikian, pengelompokan data dalam Fuzzy K-Means menjadi lebih fleksibel dan menggambarkan tingkat ketidakpastian atau keanggotaan parsial terhadap kluster-kluster yang ada.

Algoritma Fuzzy K-Means dimulai dengan menentukan posisi awal pusat kluster, yang mewakili rata-rata dari setiap kluster. Pada tahap awal, posisi pusat kluster mungkin tidak akurat dan setiap data memiliki derajat keanggotaan terhadap setiap kluster. Melalui iterasi yang berulang, algoritma ini

memperbaiki posisi pusat kluster dan nilai derajat keanggotaan data. Dalam setiap iterasi, pusat kluster bergerak menuju lokasi yang lebih tepat dengan meminimalkan fungsi objektif yang mengukur jarak antara titik data dan pusat kluster yang diboboti oleh derajat keanggotaan. Output dari algoritma Fuzzy K-Means bukanlah sistem inferensi fuzzy, melainkan serangkaian pusat kluster yang telah disesuaikan dan beberapa derajat keanggotaan untuk setiap titik data. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam algoritma Fuzzy K-Means:

- a. Inisialisasi Centroids dan Membership Matrix:
 - Mulai dengan mengacak posisi awal centroid.
 - Tentukan matriks keanggotaan untuk setiap data point dan setiap centroid.
- b. Perulangan:
 - Langkah Pembaruan Centroid:
 - Hitung pusat massa baru (centroid) dengan mempertimbangkan tingkat keanggotaan setiap data point.
 - Langkah Pembaruan Keanggotaan:
 - Hitung kembali matriks keanggotaan berdasarkan jarak antara setiap data point dan centroid yang baru.
- c. Kriteria Berhenti:
 - Lakukan perulangan hingga iterasi mencapai batas tertentu atau tidak ada perubahan yang signifikan dalam matriks keanggotaan.
- d. Keluaran:
 - Setelah konvergensi, hasil akhir berupa centroid dan matriks keanggotaan.

3. Data yang Dibutuhkan

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Sulawesi Tenggara. BPS Sulawesi Tenggara adalah sebuah lembaga yang memiliki tanggung jawab untuk mengumpulkan, mengolah, dan menyajikan data statistik di wilayah Sulawesi Tenggara. Data yang digunakan berasal dari survei dan pemetaan yang dilakukan secara berkala oleh BPS untuk berbagai sektor, termasuk data yang terkait dengan hutan dan lingkungan.

Untuk mengakses data yang dipakai dalam penelitian ini, kami mengacu pada situs web resmi BPS Sulawesi Tenggara yang dapat diakses melalui link berikut: <https://sultra.bps.go.id/>. Adapun data yang akan digunakan pada penelitian ini bisa dilihat pada table 1 dibawah ini:

Tabel 1 Data yang digunakan

Kabupaten/ Kota-Tahun	Hutan Lindung	Kawasan Suaka Alam	Hutan Produksi Terbatas	Hutan Produksi Tetap	Hutan Produksi yang Dapat Dikonversi
Buton-17	37,892	10,781	2,567	45,638	9,78
Muna-17	245,19	19,115	112,463	57,041	26,913
Konawe-17	300,745	27,965	212,646	47,89	14,137
Kolaka-17	47,251	80,588	7,618	68,017	0
Konawe Selatan-17	54,579	50,16	30,473	86,823	12,285
Kolaka Utara-19	15,512	79,784	6,924	5,648	12,145
Buton Selatan-19	1,808	2,882	0	1,223	0
Konawe Selatan-20	48,023	0	24,984	79,397	81,853
Buton Utara-17	322,661	0	88,49	71,999	39,799
Konawe Utara-17	0	0	0	0	0
Kolaka Timur-17	0	0	0	0	0
Konawe Utara-21	185,87	0	15,224	108,949	800
Kolaka Timur-21	15,444	0	2,468	18,617	20,666
Muna Barat-21	8,845	0	7,507	4,406	153
Buton Selatan-17	986	2,8	0	1,8	0
Kota Kendari-17	6,673	498	5,789	2,783	0
Kota Baubau-17	28,918	28,138	29,737	44,558	305
Buton-18	31,829	7,401	1,136	42,947	8,94
Muna-18	236,19	17,115	107,463	52,041	24,913
Konawe-18	291,745	21,965	133,646	42,89	11,137

Sumber : <https://sultra.bps.go.id/>

4. Penerapan Fuzzy K-Means

4.2 Menentukan Analisis pola Tiap Bobot Data

Dalam konteks analisis pola deforestasi hutan lindung menggunakan metode fuzzy k-means, pemberian nilai pembobotan untuk setiap data yang dimiliki juga menjadi langkah penting. Nilai pembobotan ini mencerminkan tingkat kemungkinan atau derajat keanggotaan suatu wilayah hutan lindung terhadap kluster deforestasi. Nilai pembobotan diinisialisasi secara acak untuk setiap wilayah hutan lindung. Nilai pembobotan harus berada dalam rentang antara 0 hingga 1, yang mengindikasikan tingkat keanggotaan wilayah tersebut terhadap kluster deforestasi. Semakin tinggi nilai pembobotan,

semakin besar kemungkinan wilayah hutan lindung mengalami deforestasi.

Selanjutnya, nilai pembobotan diperbarui melalui iterasi berulang dalam metode fuzzy k-means. Pembaruan ini melibatkan perhitungan jarak atau perbedaan antara karakteristik wilayah hutan lindung dengan karakteristik kluster deforestasi. Derajat keanggotaan wilayah hutan lindung terhadap kluster deforestasi dihitung berdasarkan perbandingan jarak antara karakteristik wilayah tersebut dengan karakteristik kluster deforestasi dibandingkan dengan karakteristik kluster lainnya. Semakin dekat karakteristik wilayah hutan lindung dengan karakteristik kluster deforestasi, semakin tinggi nilai pembobotan dan kemungkinan wilayah tersebut mengalami deforestasi.

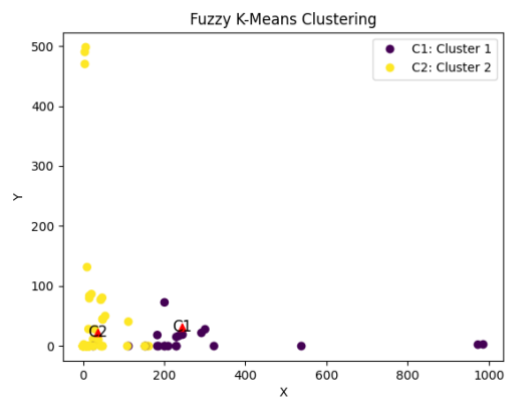
Proses pembaruan nilai pembobotan dilakukan secara berulang hingga konvergensi, yaitu saat nilai pembobotan tidak berubah secara signifikan antariterasi. Hasil akhir dari proses ini adalah nilai pembobotan yang menggambarkan tingkat kemungkinan deforestasi pada setiap wilayah hutan lindung. Dengan demikian, nilai pembobotan memberikan informasi penting dalam menggambarkan tingkat risiko atau kemungkinan deforestasi pada wilayah hutan lindung dalam konteks analisis pola deforestasi menggunakan metode fuzzy k-means. Adapun nilai pembobotan setiap data bisa dilihat pada table 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Nilai pembobotan setiap data

Kabupaten/ Kota-Tahun	Derajat Keanggotaan		Label
	C1	C2	
Buton-17	0,018200036	0,981799964	1
Muna-17	0,802557905	0,197442095	0
Konawe-17	0,769268737	0,230731263	0
Kolaka-17	0,085073992	0,914926008	1
Konawe Selatan-17	0,088442269	0,911557731	1
Kolaka Utara-19	0,050669096	0,949330904	1
Buton Selatan-19	0,034653921	0,965346079	1
Konawe Selatan-20	0,118822348	0,881177652	1
Buton Utara-17	0,837715382	0,162284618	0
Konawe Utara-17	0,03732555	0,96267445	1
Kolaka Timur-17	0,03732555	0,96267445	1
Konawe Utara-21	0,580923157	0,419076843	0
Kolaka Timur-21	0,016307749	0,983692251	1
Buton Tengah-17	0,03732555	0,96267445	1

Buton Selatan-17	0,608236282	0,391763718	0
Kota Kendari-17	0,427488604	0,572511396	1
Kota Baubau-17	0,493110545	0,506889455	1
Buton-18	0,018449119	0,981550881	1
Muna-18	0,781374682	0,218625318	0
Konawe-18	0,794819995	0,205180005	0

Gambar 1 dibawah ini menunjukkan letak setiap titik koordinat dari setiap kluster pada data yang kita miliki.



Gambar 1 Koordinat setiap data berdasarkan Klasternya

Dalam konteks data yang diberikan untuk mendeteksi deforestasi hutan lindung, C1 dan C2 merujuk pada label kluster yang dihasilkan oleh algoritma Fuzzy K-Means. Dalam tabel tersebut, terdapat kolom "Label" yang memiliki nilai 1 atau 0 untuk setiap data. Jika nilai Label adalah 1, maka data tersebut termasuk dalam kluster C1. Jika nilai Label adalah 0, maka data tersebut termasuk dalam kluster C2.

Dalam konteks analisis pola deforestasi hutan lindung, C1 dapat diartikan sebagai kluster yang menunjukkan potensi deforestasi yang tinggi. Data-data yang masuk ke dalam kluster C1 memiliki derajat keanggotaan yang tinggi untuk kluster tersebut, menunjukkan kemungkinan tinggi adanya deforestasi. Sedangkan C2 dapat diartikan sebagai kluster yang menunjukkan potensi deforestasi yang rendah. Data-data yang masuk ke dalam kluster C2 memiliki derajat keanggotaan yang rendah untuk kluster C1, menunjukkan kemungkinan rendah adanya deforestasi.

5. Metrik Evaluasi

Dalam konteks analisis pola deforestasi hutan Lindung di Sulawesi Tenggara menggunakan metode K-Means, Silhouette Coefficient dapat digunakan

untuk mengukur seberapa baik klusterisasi tersebut memisahkan wilayah yang mengalami deforestasi dari wilayah yang tidak mengalami deforestasi. Nilai Silhouette Coefficient yang tinggi menandakan bahwa objek-objek dalam kluster saling berdekatan dengan baik dan terpisah dengan kluster lainnya secara signifikan. Pada Gambar 2 dibawah ini merupakan nilai dari matrik evaluasi dari program yang dibuat:

Silhouette Score: 0.46879001354683825
 Davies-Bouldin Index: 1.3818885061976172
 Calinski-Harabasz Index: 25.71382712885778

Gambar 2 Hasil Matrik Emaluasi

Hasil metrik evaluasi yang Anda berikan adalah sebagai berikut:

- Silhouette Score: 0.46879001354683825

Nilai Silhouette Score berkisar antara -1 hingga 1. Semakin dekat nilai tersebut ke 1, semakin baik kualitas klusterisasi. Nilai 0.4687 menunjukkan adanya pemisahan yang cukup baik antara kluster dan juga adanya beberapa titik yang mungkin terletak dekat dengan batas kluster.

- Davies-Bouldin Index: 1.3818885061976172

Nilai Davies-Bouldin Index berkisar dari 0 hingga tak terbatas. Semakin mendekati 0, semakin baik kualitas klusterisasi. Nilai 1.3819 menunjukkan adanya pemisahan yang cukup baik antara kluster dengan ukuran kluster yang kompak.

- Calinski - Harabasz Index : 25.7138271288

Nilai Calinski-Harabasz Index berkisar dari 0 hingga tak terbatas. Semakin tinggi nilai tersebut, semakin baik kualitas klusterisasi. Nilai 25.7138 menunjukkan adanya pemisahan yang cukup baik antara kluster dengan keterkaitan yang tinggi antara titik-titik dalam kluster dan penyebaran yang rendah antara kluster.

Dengan demikian, hasil evaluasi menunjukkan bahwa klusterisasi yang dilakukan memiliki pemisahan yang cukup baik antara kluster dengan penyebaran dan kompaknya kluster yang relatif baik. Namun, untuk menentukan apakah hasil klusterisasi tersebut memenuhi tujuan atau kebutuhan spesifik, perlu dianalisis lebih lanjut berdasarkan konteks dan tujuan aplikasi yang digunakan.

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy k-means dapat digunakan untuk menganalisis pola deforestasi di wilayah hutan lindung di Sulawesi Tenggara. Dengan menggunakan metode ini, penelitian telah mengidentifikasi pola-

pola deforestasi yang kompleks dan mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi deforestasi di wilayah tersebut.

Hasil dari metode fuzzy k-means menunjukkan adanya pemisahan yang cukup baik antara kluster dengan penyebaran yang rendah antara kluster dan ukuran kluster yang kompak. Hal ini menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam mengklasifikasikan wilayah hutan lindung yang rentan terhadap deforestasi dan wilayah yang memiliki potensi deforestasi yang rendah.

Namun, hasil evaluasi tersebut perlu dianalisis lebih lanjut dalam konteks dan tujuan aplikasi yang spesifik. Terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam penggunaan metode ini, seperti pemilihan jumlah kluster yang tepat dan interpretasi nilai derajat keanggotaan yang digunakan dalam analisis pola deforestasi.

Namun, penting untuk dicatat bahwa interpretasi dan makna dari C1 dan C2 bergantung pada konteks dan interpretasi masalah yang sedang dihadapi dalam penelitian ini.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan:

Peningkatan pemantauan: Penting untuk meningkatkan sistem pemantauan deforestasi di wilayah hutan lindung di Sulawesi Tenggara. Dengan menggunakan metode fuzzy k-means, dapat dikembangkan sistem yang lebih efektif dalam mengidentifikasi daerah yang rentan terhadap deforestasi. Pemantauan yang baik akan memungkinkan adanya respons cepat terhadap deforestasi dan implementasi langkah-langkah perlindungan yang tepat.

Perlindungan dan pengelolaan berkelanjutan:

1. Perlindungan hutan lindung dan pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan harus menjadi prioritas utama. Penting untuk memastikan bahwa kegiatan ekonomi yang terkait dengan hutan, seperti penebangan kayu dan konversi lahan, dilakukan dengan memperhatikan keberlanjutan ekosistem dan kebutuhan masyarakat setempat.
2. Peran masyarakat: Melibatkan masyarakat setempat dalam pengelolaan hutan lindung sangat penting. Pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan sumber daya alam dan pendidikan tentang pentingnya konservasi dapat membantu mengurangi deforestasi. Peningkatan kesadaran

akan manfaat ekologi dan ekonomi dari hutan lindung juga harus menjadi fokus.

3. Kolaborasi dan kerjasama: Kerjasama antara pemerintah, lembaga penelitian, organisasi non-pemerintah, dan masyarakat sangat penting dalam mengatasi deforestasi. Diperlukan kolaborasi yang erat untuk mengembangkan kebijakan yang efektif, melakukan pemantauan yang akurat, dan melaksanakan upaya perlindungan dan pengelolaan hutan lindung.
4. Penelitian lebih lanjut: Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk menggali lebih dalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi deforestasi dan mengidentifikasi strategi pengelolaan yang lebih efektif. Penggunaan metode-metode analisis lainnya dan integrasi data yang lebih luas juga dapat meningkatkan pemahaman kita tentang deforestasi di Sulawesi Tenggara.

Daftar Pustaka:

- Adiningrum, T. Z., Prahutama, A., Santoso, R., Statistika, D., Sains, F., & Matematika, D. (2018). *PEMODELAN DEFORESTASI HUTAN LINDUNG DI INDONESIA MENGGUNAKAN MODEL GEOGRAPHICALLY AND TEMPORALLY WEIGHTED REGRESSION (GTWR)*. 7(3), 314–325.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/>
- Badruttamam, A., Sudarno, S., & Di Asih, I. M. (2020). Penerapan Analisis Klaster K-Modes Dengan Validasi Davies Bouldin Index Dalam Menentukan Karakteristik Kanal Youtube di Indonesia (Studi Kasus: 250 Kanal Youtube Indonesia Teratas Menurut Socialblade). *Jurnal Gaussian*, 9(3), 263–272.
- Barkey, R. A. (n.d.). *Perubahan Penggunaan Lahan dan Keselarasan Rencana Pola Ruang Di Kota Kendari Changes of Land Use and Alignment of Spatial Planning in Kendari City*.
- Febriani, L., Proboyekti, U., & Oetomo, B. S. D. (2015). Pengelompokan Mahasiswa Sistem Informasi Berdasarkan Tingkat Kompetensi Akademik Dengan Fuzzy K-Means. *Jurnal Eksplorasi Karya Sistem Informasi Dan Sains*, 5(1).
- Hanifah, A., Primajaya, A., Susilo, A., & Irawan, Y. (n.d.). *JIP (Jurnal Informatika Polinema) PENERAPAN K-MEANS UNTUK MENGANALISIS PENGARUH CURAH HUJAN TERHADAP PRODUKSI LISTRIK (STUDI KASUS: PT. INDONESIA POWER)*.
<http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jip/article/view/2545>
- Haris, G., Wibawa, P., Made, G., Sasmita, A., Made, I., & Raharja, S. (n.d.). *Analisis Data Log Honeypot Menggunakan Metode K-Means Clustering*.
- Haryani, R., & Rijanta, R. (n.d.). *1 NOMOR 2 1 TAHUN 2019 1 HAL. 2, 72–86*.
- Kelembagaan, P., Hutan, T., & Hutan, P. (n.d.). *Wa Alimuna, Abditama Srifitriani*.
<https://journals.unihaz.ac.id/index.php/georaflesia>
- Rachman, F., Yuniati, R. A. N., Teknik, J., Kapal, K., Kapal, B., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (n.d.). *Analisis Cluster Sektor Perikanan Laut dengan menggunakan Fuzzy K-Means*.
- Rifa'i, A., & Setiadji, G. (2020). Implementasi Metode Fuzzy K-Means untuk Cluster Judul Skripsi Mahasiswa. *Pengembangan Rekayasa Dan Teknologi*, 16(2), 98–104.
<http://journals.usm.ac.id/index.php/jprt/index>
- Rimbakita. (2020). Deforestasi – Pengertian, Penyebab, Akibat & Cara Mencegah Penebangan Hutan. Retrieved from <https://rimbakita.com/deforestasi/>
- Septiyan, A. R. (2019). Deforestasi: Pengertian, Penyebab, Dampak, dan Pencegahan. Retrieved from <https://foresteract.com/deforestasi/>
- Sikana, A. M., & Wijayanto, A. W. (2021). Analisis Perbandingan Pengelompokan Indeks Pembangunan Manusia Indonesia Tahun 2019 dengan Metode Partitioning dan Hierarchical Clustering. *Jurnal Ilmu Komputer*, 14(2), 66–78.
- Wahyudi, S., Heri Irawan, R., & Rochana, S. (n.d.). *Fuzzy K-Means Dalam Analisis pola Bantuan Sekolah SDN Jabang 1*.
- Wahyuni, H., & Suranto, S. (2021). Dampak Deforestasi Hutan Skala Besar terhadap Pemanasan Global di Indonesia. *Jiip: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*, 6(1), 148–162.
<https://doi.org/10.14710/jiip.v6i1.10083>