

STRATEGI PENGELOLAAN HUTAN BERKELANJUTAN DI NTT: PENDEKATAN K-MEANS CLUSTERING TERHADAP DATA POTENSI HUTAN

Mitha R. Nufus^{1)*}, Rosalia Silaban¹⁾, Badia R. R. Nababan¹⁾, Eusabius P. Pega²⁾

¹⁾Jurusan Kehutanan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang

²⁾Jurusan Tanaman Pangan dan Hortikultura, Politeknik Pertanian Negeri Kupang
Jl. Prof. Dr. Herman Yohanes, Lasiana Kupang P.O.Box. 1152, Kupang 85011

*e-mail Korespondensi: mitha.nufus@staff.politanikoe.ac.id

ABSTRAK

Hutan berperan penting sebagai paru-paru dunia dengan menghasilkan oksigen dan menyerap karbon dioksida melalui fotosintesis. Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) memiliki kawasan hutan lindung dan hutan produksi yang berfungsi strategis dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Namun, peningkatan jumlah penduduk mendorong konversi lahan, sehingga mengancam keberlanjutan hutan. Analisis menggunakan pendekatan K-Means Clustering menunjukkan bahwa 16 kabupaten/kota di NTT memiliki potensi hutan lindung dan hutan produksi yang kecil. Temuan ini menegaskan perlunya strategi pengelolaan berkelanjutan, khususnya di wilayah dengan potensi kecil melalui program rehabilitasi hutan dan pencegahan konversi lahan. Sementara itu, wilayah dengan potensi hutan yang besar direkomendasikan untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai pusat pengelolaan dan pemanfaatan hasil hutan berkelanjutan.

Kata kunci: K-Means Clustering, Hutan Lindung, Hutan Produksi, Nusa Tenggara Timur, Potensi Hutan

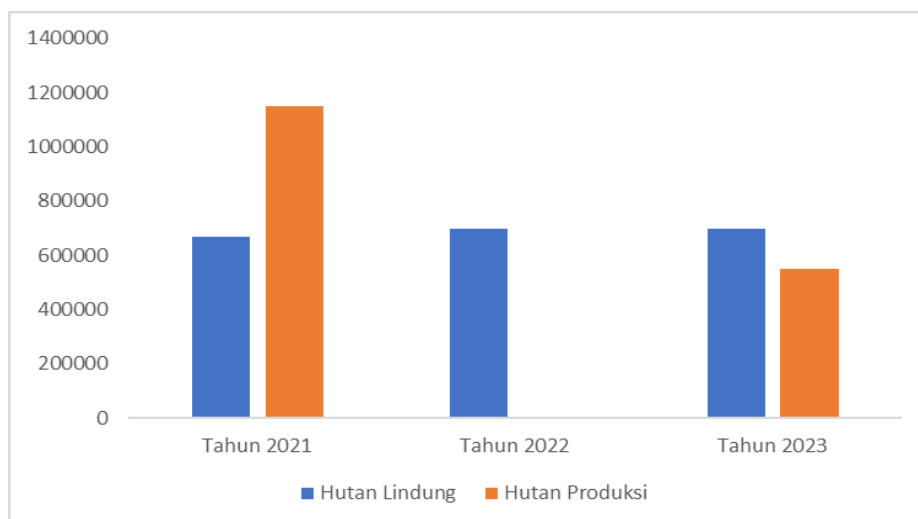
ABSTRACT

Forests play a crucial role as the lungs of the Earth by producing oxygen and absorbing carbon dioxide through photosynthesis. East Nusa Tenggara Province (NTT) possesses protected and production forest areas that serve a strategic function in maintaining ecological balance. However, the increasing population has driven land conversion, thereby threatening forest sustainability. An analysis using the K-Means Clustering approach reveals that 16 districts and cities in NTT have relatively small areas of protected and production forests. These findings highlight the urgent need for sustainable management strategies, particularly in regions with limited forest resources, through forest rehabilitation programs and prevention of land conversion. Meanwhile, areas with substantial forest resources are recommended for further development as centers for sustainable forest management and utilization.

Keywords: East Nusa Tenggara, Forest Potential, K-Means Clustering, Production Forest, Protected Forest.

PENDAHULUAN

Hutan dalam konteks masyarakat luas dianggap sebagai paru-paru dunia dimana hal ini dikarenakan pohon dan tumbuhan hijau yang tersebar di hutan menghasilkan O_2 dan menyerap CO_2 yang signifikan pada proses fotosintesis yang dilakukan (Perere-Castro & Flexas, 2020). Semakin luas suatu hutan dan komponen penunjang proses fotosintesis maka akan semakin meningkat jumlah O_2 yang dihasilkan. Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) memiliki luas hutan yang cukup signifikan baik hutan lindung maupun hutan produksi dengan sebaran pada tiap kabupaten/kota di Provinsi NTT yang memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan ekosistem.

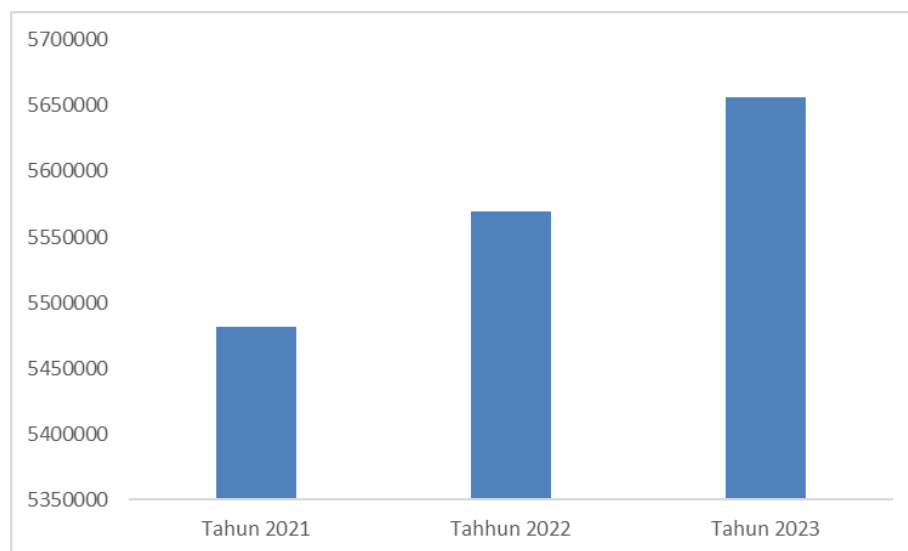


Gambar 1. Luas Lahan Hutan Lindung dan Hutan Produksi Provinsi NTT (Ha) tahun 2021-2023

Hutan lindung memiliki peran penting dalam menahan air hujan, menyimpannya di dalam tanah, serta mengurangi risiko banjir, erosi, dan tanah longsor. Selain itu, hutan lindung juga membantu menjaga kesuburan tanah. Hal ini terjadi karena di dalam hutan berlangsung proses dekomposisi bahan organik menjadi humus, yang berfungsi sebagai sumber unsur hara bagi tanah (Hoirun, Yuningsih, & Milantara, 2017).

Adapun hutan produksi termasuk dalam kategori sumber daya alam terbarukan yang perlu dikelola secara bijaksana agar keberlanjutan fungsinya tetap terjaga. Pengelolaan yang tidak tepat dapat menyebabkan degradasi yang

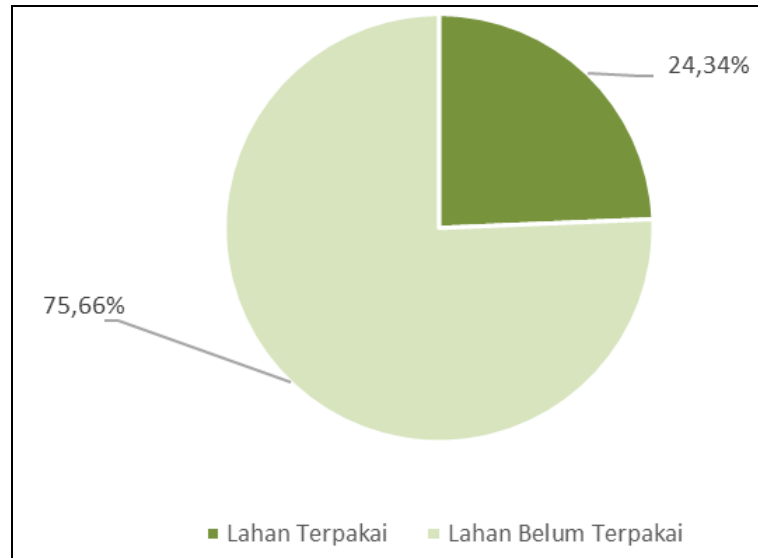
pada akhirnya berdampak negatif terhadap fungsi ekonomi maupun ekologi hutan tersebut (Zaini & Wibowo, 2019). Adapun berdasarkan Gambar 1., diketahui bahwa selama kurun waktu tahun 2021 sampai dengan tahun 2023, luas hutan lindung tidak mengalami penurunan maupun peningkatan yang signifikan, sedangkan luas hutan produksi dalam kurun waktu yang sama mengalami penurunan yang cukup signifikan (Badan Pusat Statistik, 2024). Hal ini dapat dikarenakan oleh berbagai faktor, salah satunya adalah populasi penduduk yang semakin bertambah dari waktu ke waktu, sehingga penggunaan lahan hutan menjadi salah satu pilihan untuk dimanfaatkan baik sebagai tempat tinggal maupun sebagai tempat untuk memenuhi kebutuhan hidup karena hasil hutan dan potensi lain dari hutan yang dapat dimanfaatkan dari sisi ekonomi.



Gambar 2. Jumlah Penduduk di Provinsi Nusa Tenggara Timur tahun 2021-2023

Gambar 2. memberikan informasi terkait jumlah penduduk yang selalu meningkat dan dapat diketahui juga bahwa pertumbuhan tahunan rata-rata berada di kisaran 1,58% – 1,59% yang mengindikasikan pertumbuhan sedang (Badan Pusat Statistik, 2025). Pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat di NTT berdampak langsung terhadap kebutuhan dan tekanan terhadap lahan. Oleh karena itu, perencanaan tata ruang yang inklusif, adil, dan berwawasan lingkungan menjadi kunci dalam menjaga keseimbangan antara kebutuhan manusia dan kelestarian alam. Selain itu, perencanaan wilayah dan pengelolaan sumber daya alam harus memperhatikan peningkatan jumlah

penduduk ini agar tetap berkelanjutan. Upaya tersebut sejalan dengan kebijakan nasional dalam *Indonesia's National Strategy for Sustainable Forest Management* (MoEF, 2023).



Gambar 3. Distribusi Pemanfaatan Luas Wilayah Oleh Peduduk Provinsi Nusa Tenggara Timur tahun 2023

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (2024) diketahui bahwa dari total luas wilayah Provinsi Nusa Tenggara Timur, sebesar 24,34% telah terpakai oleh penduduk yakni area yang secara estimatif mendukung kepadatan permukiman, sedangkan sisanya sebesar 75,66% lahan lainnya belum terpakai atau digunakan untuk fungsi lain seperti hutan, pertanian ataupun konservasi. Pendekatan partisipatif masyarakat menjadi elemen penting dalam pengelolaan hutan berkelanjutan di wilayah Indonesia Timur (Rahmawati & Kadir, 2021). Namun, tidak menutup kemungkinan persentase lahan yang belum terpakai ini akan terus berkurang seiring dengan penambahan jumlah penduduk di setiap wilayah kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan berkelanjutan terhadap potensi hutan yaitu dengan mengelompokkan kabupaten/kota tersebut berdasarkan luas lahan hutan lindung dan hutan produksi untuk menentukan wilayah kab/kota yang luas lahannya sedikit dan butuh pengelolaan lanjutan agar tidak terpakai oleh penduduk baik untuk pemanfaatan permukiman maupun kegiatan perekonomian.

METODE PENELITIAN

Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang berkaitan dengan variabel penelitian, yaitu Luas Lahan Hutan Lindung dan Luas Lahan Hutan Produksi (Ha) yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan unit penelitian yang digunakan adalah 22 Kabupaten/Kota yang ada di Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Skala Data
(X1)	Luas Lahan Hutan Lindung (Ha)	Rasio
(X2)	Luas Lahan Hutan Produksi (Ha)	Rasio
Kabupaten/Kota di NTT	Diambil 22 Kabupaten/Kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur	Nominal

Analisis Data

Metode K-Means sering diterapkan dalam analisis spasial untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan karakteristik tertentu (Hartanti & Widiyanto, 2020). Data yang digunakan pada penelitian ini akan dianalisis dengan menggunakan metode *K-means clustering* dengan jumlah klaster yang digunakan sebanyak 3 klaster yaitu wilayah kab/kota dengan luas lahan yang sempit, sedang (menengah) dan luas. Pemilihan jumlah klaster ($k = 3$) pada penelitian ini didasarkan pada pertimbangan konseptual mengenai pengelompokan wilayah menjadi tiga kategori utama, yaitu wilayah dengan potensi hutan kecil, sedang, dan besar. Namun demikian, untuk memvalidasi jumlah klaster yang paling optimal, penelitian ini juga dilengkapi dengan metode Elbow Method. Metode tersebut membantu mengidentifikasi jumlah klaster yang menghasilkan keseimbangan terbaik antara variasi dalam klaster (*intra-cluster variance*) dan antar-klaster (*inter-cluster variance*). Pengklasifikasian ini didasarkan pada potensi luas lahan hutan lindung dan hutan produksi yang ada pada

masing-masing wilayah kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pemilihan variabel yang terbatas disesuaikan dengan tujuan utama penelitian, yaitu pemetaan awal potensi hutan berdasarkan luasan fisik (biogeofisik).

Langkah Analisis

Langkah analisis yang dilakukan untuk mengelompokkan luas lahan hutan lindung dan hutan produksi yang ada di Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan menggunakan metode *K-means clustering* adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan dan menginput data sekunder.
2. Melakukan standarisasi data.
3. Menentukan besarnya k , yaitu banyaknya *cluster* dan menentukan *centroid* di tiap *cluster* dengan metode Elbow.
4. Menghitung jarak tiap objek dengan setiap *centroid*
5. Menghitung kembali rata-rata (*centroid*) untuk *cluster* yang baru terbentuk.
6. Menganalisis data dengan metode *K-means*.
7. Mengulangi langkah 4 sampai tidak ada lagi pemindahan objek antar *cluster*
8. Melakukan validasi *cluster*
9. Menginterpretasi hasil analisis.
10. Menarik kesimpulan dan saran.

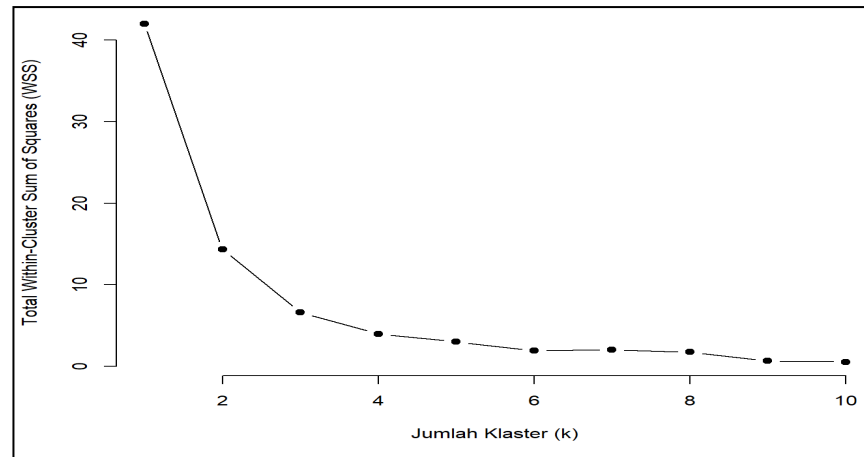
HASIL DAN PEMBAHASAN

K-means Clustering

Jumlah klaster yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 3 klaster, sehingga k yang digunakan adalah 3 dengan menggunakan metode Elbow sebagai berikut.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Elbow Method (Gambar 4), diperoleh bahwa penurunan nilai Total *Within-Cluster Sum of Squares* (WSS) paling signifikan terjadi hingga jumlah klaster ke-3, kemudian mulai melandai setelahnya. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah klaster optimal dalam penelitian ini adalah tiga ($k = 3$). Dengan demikian, pengelompokan wilayah kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur secara statistik paling tepat dibagi ke dalam tiga

kategori potensi hutan, yaitu kecil, sedang, dan besar.



Gambar 4. Penentuan jumlah klaster

Pada tahap awal, tiap kabupaten/kota akan dihitung jarak minimum antar pusat *cluster* dengan jumlah iterasi yang dilakukan hingga semua data luas lahan hutan lindung dan hutan produksi memiliki standarisasi nilai yang sama adalah sebanyak 4 kali.

Tabel 2. Iterasi Klaster

Iterasi	Perubahan Pada Titik Pusat Klaster		
	1	2	3
1	15269,781	19501,529	20227,247
2	3663,340	4064,555	0,000
3	2287,658	2276,148	0,000
4	0,000	0,000	0,000

Berdasarkan Tabel 2. diketahui bahwa perubahan koordinat absolut maksimum untuk setiap pusat adalah 0,000 dengan jarak minimum antara pusat klaster adalah 69.082,552. Artinya, dua pusat klaster yang paling dekat dalam hasil pengelompokan (*clustering*) memiliki jarak sebesar 69.082,552 satuan. Nilai ini menunjukkan seberapa terpisah klaster-klaster tersebut satu sama lain. Semakin besar jarak minimum ini, semakin baik (klaster makin jelas terpisah). Sebaliknya, jika jaraknya kecil, diindikasikan terdapat tumpang tindih antar klaster.

Tabel 3. Tabel ANOVA klastering

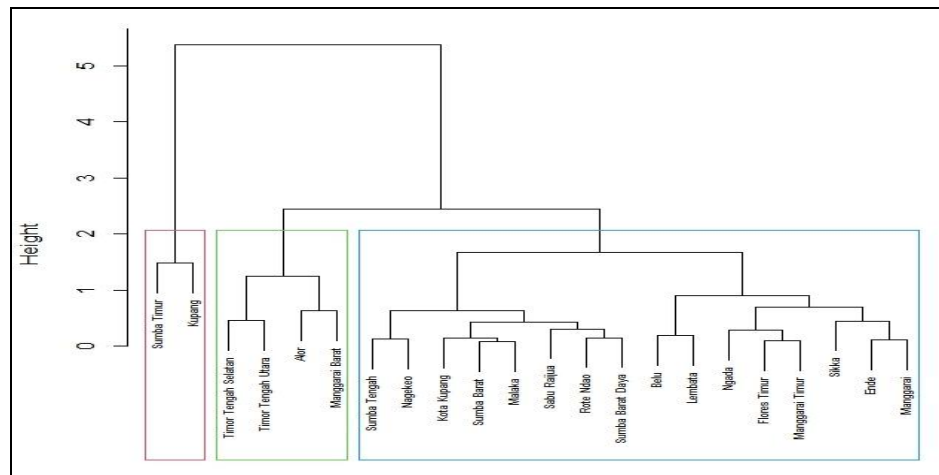
	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
X1	6666128813	2	121021658,5	19	55,082	<0,001
X2	8907742735	2	189233768,3	19	47,073	<0,001

Diketahui bahwa semakin besar nilai F dan ($\text{sig} < 0,05$), maka semakin besar perbedaan variabel pada klaster yang terbentuk. Sehingga, berdasarkan Tabel 3., diketahui bahwa variabel X1 (Luas Lahan Hutan Linudng) dan X2 (Luas Lahan Hutan Produksi) menunjukkan adanya perbedaan antar wilayah Kabupaten/Kota.

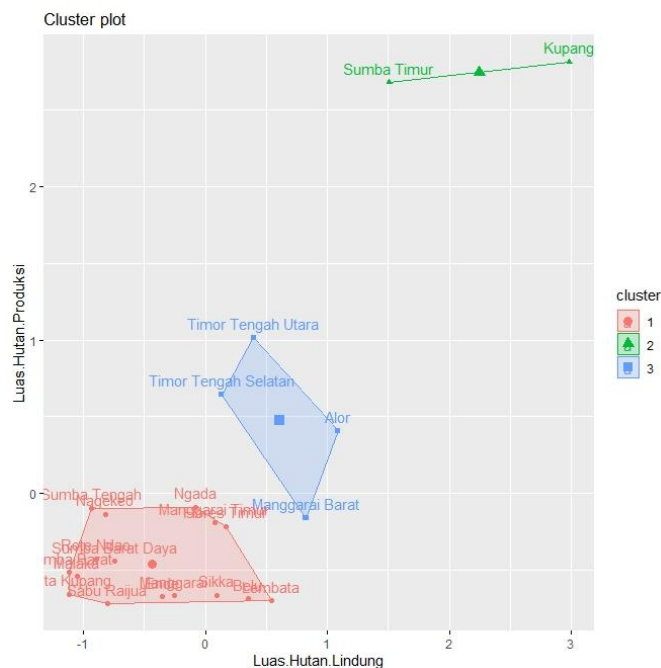
Tabel 4. Output anggota tiap klaster

Kab/kota	Klaster	Jarak
Sumba Barat	1	8525,737
Sumba Timur	2	20227,247
Kupang	2	20227,247
Timor Tengah Selatan	3	23426,712
Timor Tengah Utara	3	34425,150
Belu	1	19839,103
Alor	3	24939,252
Lembata	1	20884,939
Flores Timur	1	7029,189
Sikka	1	20485,331
Ende	1	13703,295
Ngada	1	11973,592
Manggarai	1	16235,116
Rote Ndao	1	2963,572
Manggarai Barat	3	13067,408
Sumba Tengah	1	12962,287
Sumba Barat Daya	1	2202,539
Nagekeo	1	11261,883
Manggarai Timur	1	8612,466
Sabu Raijua	1	7396,453
Malaka	1	6812,419
Kota Kupang	1	9996,278

Berdasarkan Tabel 4., diketahui bahwa berdasarkan data luas lahan hutan lindung dan hutan produksi yang ada pada masing-masing wilayah kabupaten/kota dan didasarkan pada jarak antar kluster yang cukup tinggi.



(a)



(b)

Gambar 5. (a) Dendogram dan (b) Visualisasi Klastering Kab/Kota Berdasarkan Potensi Hutan di Wilayah Nusa Tenggara Timur Tahun 2023

Gambar 5. menunjukkan bahwa terdapat 3 kluster yang terbentuk. Kluster pertama berwarna merah terdiri dari hampir sebagian besar wilayah

Kabupaten/Kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur yaitu 16 Kabupaten/Kota yang memiliki potensi hutan relatif kecil diantara 2 klaster lainnya, baik itu hutan lindung maupun hutan produksi. Klaster ke 2 berwarna hijau yang hanya terdiri dari 2 Kabupaten yaitu Sumba Timur dan Kabupaten Kupang dengan kategori wilayah dengan potensi hutan baik itu hutan lindung maupun hutan produksi yang relatif besar dari Kabupaten/Kota lainnya. Adapun klaster 3 berwarna biru terdiri dari Kabupaten Timor Tengah Selatan (TTS), Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU), Kabupaten Alor dan Kabupaten Manggarai Barat dengan kategori wilayah dengan potensi hutan yang sedang (menengah). Penelitian ini tidak melakukan uji validasi tambahan terhadap hasil klaster karena tujuan utama penelitian bukan untuk membandingkan performa antar metode, melainkan untuk menggambarkan pengelompokan potensi hutan berdasarkan pendekatan sederhana dan interpretatif. K-Means dipilih karena metode ini efisien, mudah diinterpretasikan, dan sesuai dengan karakteristik data dua variabel rasio (luas hutan lindung dan produksi) yang digunakan. Selain itu, hasil iterasi menunjukkan konvergensi stabil setelah empat kali pengulangan dan jarak antar klaster yang cukup besar, sehingga menunjukkan kestabilan relatif hasil pengelompokan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diperoleh beberapa Kesimpulan sebagai berikut,

1. Potensi hutan di Provinsi Nusa Tenggara Timur pada tahun 2023 masih relatif sedikit, baik itu hutan lindung maupun hutan produksi dikarenakan mayoritas Kabupaten/Kota dikategorikan dalam wilayah dengan luas lahan hutan lindung dan hutan produksi yang kecil atau sempit yaitu terdapat 16 Kabupaten/Kota. Sedangkan Kabupaten yang memiliki potensi yang besar adalah Kabupaten Sumba Timur dan Kabupaten Kupang.
 2. Saran bagi pemerintah Wilayah Nusa Tenggara Timur adalah Pemerintah perlu meningkatkan program rehabilitasi hutan dan pengelolaan berkelanjutan di wilayah-wilayah dengan potensi hutan kecil. Ini bisa mencakup reboisasi, penanaman kembali, dan pencegahan konversi lahan
-

hutan menjadi non-hutan serta fokus pengembangan di Kabupaten Kupang dan Sumba Timur karena kedua kabupaten ini memiliki potensi hutan yang besar. Strategi rehabilitasi hutan yang terintegrasi terbukti dapat mempercepat pemulihan ekosistem dan produktivitas Kawasan (Adrianto & Bismark, 2019).

3. Bagi penelitian selanjutnya, dapat melakukan penelitian mengenai peluang pemanfaatan hasil hutan yang berkelanjutan di kedua kabupaten dengan potensi besar tersebut dan hasil kluster sebaiknya diintegrasikan dengan data spasial dan analisis kebijakan untuk memberikan rekomendasi pengelolaan yang lebih tepat sasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, H., & Bismark, M. 2019. Strategi rehabilitasi hutan dan lahan dalam rangka pembangunan berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 16(2), 123–134.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Luas wilayah menurut kabupaten/kota (km²), 2023*. Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur. <https://ntt.bps.go.id/id/statistics-table/2/NTIwIzI=/luas-wilayah-menurut-kabupaten-kota.html>
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Luas hutan lindung menurut kabupaten/kota (hektar), 2021–2023*. Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur. <https://ntt.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjM3IzI=/luas-hutan-lindung-hektar--2023.html>
- Badan Pusat Statistik. 2025. *Proyeksi jumlah penduduk menurut jenis kelamin (jiwa), 2022–2024*. Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur. <https://ntt.bps.go.id/id/statistics-table/2/NTU2IzI=/jumlah-penduduk-menurut-jenis-kelamin.html>
- Hartanti, N., & Widiyanto, A. 2020. Penerapan metode K-Means Clustering dalam analisis potensi wilayah berbasis data spasial. *Jurnal Sains dan Informatika*, 45-54.
- Hoirun, Yuningsih, L., & Milantara, N. 2017. Analisis vegetasi (HHK dan HHBK) di Hutan Lindung Sungai Merah KPHP (Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi) Unit IV Meranti melalui pendekatan *National Forest Inventory*. *Sylva*, 8–13.
- Ministry of Environment and Forestry (MoEF). 2023. *Indonesia's National Strategy for Sustainable Forest Management*. Jakarta: Directorate General of Sustainable Forest Management.

- Perere-Castro, A. V., & Flexas, J. 2020. Recent advances in understanding and improving photosynthesis. *Faculty Reviews*, 9(5). <https://doi.org/10.12703/b/9-5>
- Rahmawati, D., & Kadir, S. 2021. Analisis pengelolaan hutan lestari berbasis partisipasi masyarakat di Indonesia Timur. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 75-86.
- Zaini, M., & Wibowo, S. E. 2019. Implementasi kebijakan pengelolaan hutan produksi lestari di Kalimantan Timur. *RJABM (Research Journal of Accounting and Business Management)*, 3(2), 201-220. <https://doi.org/10.31293/rjabm.v3i2.4428>
-