

# Implementasi Algoritma K-modes untuk Penentuan Prioritas Rehabilitasi Daerah Aliran Sungai Berdasarkan Parameter Lahan Kritis

Tanti Yulianita<sup>1\*</sup>, Deden Istiawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Statistika, Akademi Statistika (AIS) Muhammadiyah Semarang

\*Email: [tantiyulianita1@gmail.com](mailto:tantiyulianita1@gmail.com)

## Abstrak

### Keywords:

K-Modes  
Clustering;  
Rehabilitation;  
Watershed

*The availability of information on the degree criticality of accurate land has particular significance in forest and land rehabilitation program that watershed priorities which will be rehabilitated can be know. From the above problem needs a way to determine the priority watershed that will be rehabilitate. The method used in this research is a K-Modes Clustering. K-Modes Clustering gives a model of dataset into clusters where data on a cluster that has the same characteristics and has different characteristic from other clusters based on land inquiries level parameters. From this research obtained watershed group with low scores in the area of protected forest. It is found in cluster 2 that has criticalland criteria in form of the moderate land cover, the sloping slope, the verti severe erosion harzard and the poor management.*

## 1. PENDAHULUAN

Kerusakan sumber daya hutan mengakibatkan penurunan kemampuan fungsi hutan dalam mendukung segala aspek kehidupan. Indikasi kerusakan hutan ini dapat dilihat dari menurunnya kualitas Daerah Aliran Sungai (DAS) itu sendiri [8]. Penurunan kualitas DAS ini dipicu oleh perubahan alih fungsi hutan yang secara mendasar berakibatkan mulai turunnya jumlah hutan di lokasi tersebut, berkurangnya sumber mata air, tererosinya lapisan tanah yang subur, timbulnya longsor, pendangkalan sungai dan pada akhirnya membawa dampak perubahan ke arah lahan kritis, serta salah satu peran penting dari suatu DAS sendiri yaitu sebagai daerah tangkapan hujan dimana fungsinya adalah sebagai penyedia air pada musim

kemarau, pengendali sedimentasi waduk, dan pengendali banjir [24]. Tingkat kekritisannya suatu DAS ditunjukkan oleh menurunnya penutupan vegetasi permanen dan meluasnya lahan kritis sehingga menurunkan kemampuan DAS dalam menyimpan air yang berdampak pada meningkatnya frekuensi banjir, erosi dan penyebaran tanah longsor pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau [5]. Faktor yang mengakibatkan terjadinya tingkat kekritisannya suatu DAS salah satunya adalah pertumbuhan penduduk yang begitu cepat, serta aktivitas pembangunan dalam berbagai bidang tentu saja akan menyebabkan ikut meningkatnya permintaan akan lahan. Permintaan akan lahan tersebut terus bertambah, sedangkan lahan yang tersedia jumlahnya terbatas [14]. Timbulnya

permasalahan akan penurunan kualitas lingkungan nantinya akan mengganggu keseimbangan ekosistem. Hal tersebut dikarenakan penggunaan lahan yang tidak memperhatikan kemampuan lahan, daya dukung dan fungsinya [22]. Kondisi ini diperparah dengan adanya perambahan hutan secara besar-besaran yang dilakukan penduduk [26]. Penggunaan lahan yang disertai pemanfaatan lahan secara langsung biasanya menyebabkan terjadinya perubahan pada tata guna lahan di wilayah tersebut. Perubahan tata guna lahan ini seringkali tidak disertai dengan tindakan pencegahan kerusakan, sehingga lahan semakin terdegradasi [18]. Kerusakan hutan bukan hanya disebabkan oleh manusia itu sendiri melainkan faktor alam yang terjadi semisal gempa bumi dan perubahan iklim. Pada beberapa tempat, gempa bumi dapat mengakibatkan perubahan kestabilan tanah akibat sering terjadinya tanah longsor. Demikian juga dengan perubahan iklim yang berakibat pada perubahan intensitas curah hujan, distribusi erosivitas hujan, dan sifat hujan lainnya yang akhirnya berakibat pada semakin tingginya erosi tanah dan sering terjadinya bencana banjir [21]. Sebagian DAS di Kabupaten Wonogiri berfungsi sebagai pengendali sedimentasi waduk, penyedia air, dan pengendali banjir, tetapi dengan kondisi fisik Kabupaten Wonogiri yang cenderung rentan terhadap perubahan karena mempunyai wilayah dengan kondisi bentang alam yang beragam, cenderung berbukit-bukit dengan lereng curam, dengan topografi daerah yang tidak rata yang mengakibatkan DAS yang berada di Kabupaten Wonogiri berpotensi terjadinya lahan kritis [25]. Perlu diketahui bahwa kawasan DAS di Kabupaten Wonogiri pada tahun 2009 mengalami tingkat kekritisitas lahan dengan kategori kritis seluas 23776,40 hektar [2]. Dalam rangka mengembalikan kondisi hutan agar mampu berfungsi secara optimal sekaligus untuk mengatasi perubahan iklim, maka diperlukan upaya peningkatan

kualitas Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dapat dilakukan salah satunya melalui program Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) [16]. Program RHL terlaksana dengan baik apabila informasi obyektif kondisi hutan dan lahan sasaran RHL dapat teridentifikasi secara menyeluruh. Penyediaan data dan informasi sangat diperlukan terutama dalam menunjang struktur strategi RHL yang berdayaguna, sehingga diharapkan dapat diperoleh acuan dalam pengalokasian sumberdaya secara proporsional [9]. Dengan demikian tercipta daya dukung sumber daya hutan dan lahan yang optimal dan lestari bagi kesejahteraan manusia. Teknik data mining merupakan salah satu yang dapat memberikan informasi tentang pembagian kelompok dalam penentuan parameter karakteristik dari DAS [7]. Data mining juga dapat memberikan sebuah informasi yang tersembunyi dari sekumpulan data untuk menjadi pengetahuan yang mendukung sebuah organisasi dalam mengambil atau membuat suatu keputusan [7]. Perkembangan baru-baru ini dalam data mining memiliki beberapa macam metode didalamnya termasuk generalisasi, karakteristik, pengelompokan atau klaster, asosiasi, evolusi dan lain sebagainya [19]. Salah satu teknik dalam data mining adalah klastering, klastering merupakan proses pengelompokan data ke dalam beberapa kelompok sehingga data dalam kelompok tersebut memiliki tingkat kemiripan karakteristik antara data yang satu dengan yang lainnya [28]. Cara untuk mengetahui tingkat kemiripan data yang satu dengan data yang lain dapat dilihat dari jarak antara data tersebut, jika semakin kecil jarak tersebut dapat diartikan semakin tinggi tingkat kemiripan data yang satu dengan yang lainnya begitu pun sebaliknya [20]. Analisis klaster memiliki pengaplikasian yang luas, termasuk pengetahuan bisnis, pengenalan pola gambar, pencarian *website*, biologi, dan keamanan [10]. Analisis klaster terdapat beberapa macam metode di dalamnya yaitu partisi,

hierarki, berbasis kepadatan, struktur grid dan struktur model [6], akan tetapi yang paling sering digunakan adalah partisi dan hierarki [4]. Metode hierarki menggambarkan *output* berupa struktur pohon (*dendogram plot*), maksudnya data yang dimulai dengan mengelompokkan dua atau lebih objek yang memiliki kesamaan paling dekat. Kemudian proses diteruskan ke objek lain yang memiliki kedekatan kedua. Demikian seterusnya sehingga klaster akan membentuk sebuah sarang atau semacam pohon, dari yang paling mirip sampai yang paling tidak mirip [15]. Sedangkan metode partisi mencoba untuk memperoleh sebuah partisi tunggal dari input data dalam penentuan jumlah klaster [3] atau dengan cara pengelompokan data yang dimulai terlebih dahulu dengan menentukan jumlah klaster yang diinginkan dan setelah jumlah klaster diketahui, baru proses klaster dilakukan tanpa mengikuti proses hierarki [9]. Fokus dalam penelitian ini adalah klastering berbasis partisi, beberapa algoritma di dalamnya yaitu K-means, K-harmonic Means, K-modes, Fuzzy C-means, akan tetapi yang sering digunakan untuk pengelompokan data adalah algoritma k-means [1] dan fuzzy c-means [12]. Metode partisi terbagi dalam dua kategori yaitu *hard* dan *soft*, maksudnya di dalam *hard partitional* yaitu semua objek sebenarnya termasuk dalam satu klaster, dimana jika derajat atau tingkat keanggotaan bernilai 1 maka termasuk dari objek dalam klaster tersebut dan jika bernilai 0 maka sebaliknya, yang termasuk dalam *hard partitional* adalah k-means [23]. K-means merupakan pengelompokan kumpulan data ke dalam beberapa klaster berdasarkan keterdekatan jarak antara data dan pusat klaster [20] sedangkan fuzzy c-means merupakan *soft partitional* yang artinya setiap objek memiliki derajat atau tingkat keanggotaan dengan nilai antara 0 sampai 1 untuk setiap klaster [23]. Fuzzy c-means (FCM) memiliki fungsi yang mendasar yaitu setiap data yang termasuk dalam satu klaster

dengan nilai keanggotaan yang berbeda antara 0 sampai 1, dan jika sebuah data berada pada pusat klaster, maka nilai keanggotaannya adalah satu [17]. Penelitian tentang pengelompokan DAS pernah dilakukan oleh Fahmi dan Suprpto pada tahun 2013 dengan menggunakan algoritma k-means, pada hasil penelitian tersebut terdapat satu kelompok DAS dengan tingkat kekritisian lahan paling tinggi [8]. DAS dengan tingkat kekritisian paling tinggi ini yang akan di prioritaskan untuk dilakukannya rehabilitasi. K-means merupakan algoritma yang sangat luas penggunaannya, karena algoritma k-means sederhana, mudah di implementasikan, bisa digunakan untuk menangani jumlah data yang besar dan relatif singkat waktunya [28]. Cara kerja algoritma k-means yaitu menetapkan centroid dari sebuah klaster sebagai nilai rata-rata dari titik dalam sebuah klaster [10], namun k-means mempunyai tingkat kesensitifan terhadap penentuan pada nilai sebagai awal centroid pada masing-masing klaster [27]. Akan tetapi permasalahan yang terjadi pada k-means ini hanya terbatas pada penggunaan data bertipe numerik (interval/rasio) karena pengelompokan yang dilakukan k-means dengan cara menghitung rata-rata dari suatu data dengan data yang lain sedangkan untuk kasus data yang bertipe kategorik tidak dapat dihitung nilai rata-ratanya dan tidak dapat diterapkan dengan metode k-means [11]. Untuk mengatasi permasalahan di atas, dalam penelitian ini peneliti menerapkan algoritma k-modes yang merupakan modifikasi dari algoritma k-means yang mencoba memberikan solusi untuk pengelompokan data yang bertipe kategorik [13]. Algoritma k-modes merupakan proses mengelompokkan data ke dalam suatu kelompok, sehingga data pada suatu kelompok memiliki kemiripan yang sangat besar dengan data lain pada kelompok yang sama, tetapi sangat tidak mirip dengan data pada klaster lain [11]. Rumusan permasalahan yang diselesaikan dalam penelitian ini

bagaimana penerapan algoritma K-modes untuk penentuan DAS prioritas pada kawasan hutan lindung di Kabupaten Wonogiri. Adapun yang menjadi tujuan penelitian ini adalah mengetahui penerapan algoritma k-modes untuk penentuan DAS prioritas pada kawasan hutan lindung di Kabupaten Wonogiri yang didasarkan atas lima parameter lahan kritis.

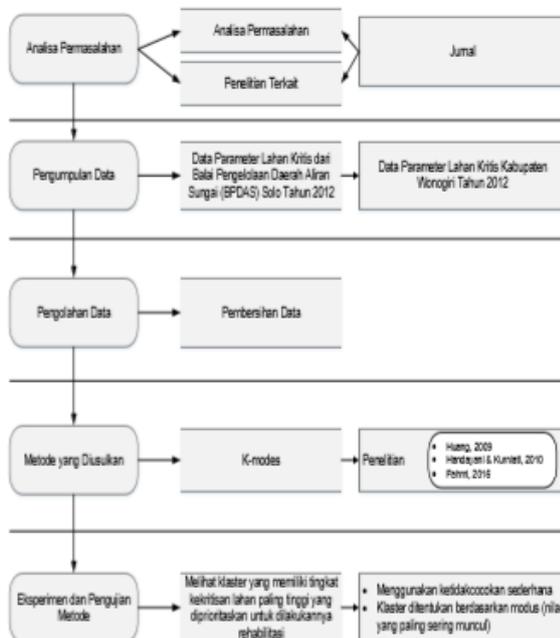
## 2. METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen yang dimaksud adalah uji coba yang dikontrol atau dikendalikan oleh peneliti sendiri untuk melakukan peninjauan hubungan kausal (hubungan sebab akibat).

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

### 2.1. Analisa Permasalahan dan Tinjauan Pustaka

Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan jurnal yang berhubungan dengan metode yang diusulkan. Selanjutnya mengetahui metode penelitian menggunakan klustering k-modes dengan topik penentuan prioritas rehabilitasi daerah aliran sungai berdasarkan parameter lahan kritis.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

### 2.2. Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan dataset parameter lahan kritis. Parameter lahan kritis yang digunakan dalam penelitian ini adalah data penutupan lahan, kemiringan lereng, tingkat bahaya erosi, dan manajemen, yang didapatkan dari Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Solo. Teknik dalam pengambilan data DAS itu sendiri menggunakan penginderaan citra satelit yang dilakukan oleh BPDAS Solo, pengambilan data setiap DAS menggunakan titik satelit atau titik proyeksi untuk pengambilan data itu sendiri dikarenakan DAS memiliki luasan yang sangat luas, maka untuk setiap titik koordinat memiliki luasan yang berbedabeda yang akan berpengaruh terhadap kategori untuk setiap parameter pada tingkat kekritisan lahan.

Variabel atau atribut yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan parameter lahan kritis sesuai dengan Permenhut Nomor P.32/Menhut-II/2009 adalah:

#### 2.2.1. Penutupan Lahan

Parameter penutupan lahan dinilai berdasarkan prosentase penutupan tajuk pohon terhadap luas setiap *land system* dan diklasifikasikan menjadi lima kelas. Jika semakin baik tingkat penutupan lahan maka lahan tersebut tidak mengalami kekritisan dan begitupula sebaliknya. Klasifikasi penutupan lahan untuk masing-masing kelas ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi & Skoring Penutupan Lahan untuk Penentuan Lahan Kritis

Kelas	Prosentase Penutup Tajuk (%)	Skor
Sangat Baik	>80	5
Baik	61-80	4
Sedang	41-60	3
Buruk	21-40	2
Sangat Buruk	>20	1

### 2.2.2. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng adalah perbandingan antara beda tinggi (jarak vertikal) suatu lahan dengan jarak mendatarnya. Besar kemiringan lereng dapat dinyatakan dengan beberapa satuan, diantaranya adalah dengan % (prosen) dan o (derajat). Semakin datar tingkat kemiringan lereng maka lahan tersebut tidak mengalami kekritisian. Klasifikasi kemiringan lereng untuk masing-masing kelas ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Klasifikasi & Skoring Kemiringan Lereng untuk Penentuan Lahan Kritis

Kelas	Kemiringan Lereng (%)	Skor
Datar	<8	5
Landai	8-15	4
Agak Curam	16-25	3
Curam	26-40	2
Sangat Curam	>20	1

### 2.2.3. Tingkat Bahaya Erosi

Tingkat Bahaya Erosi (TBE) dapat dihitung dengan cara membandingkan tingkat erosi di suatu satuan lahan dan kedalaman tanah efektif pada satuan lahan tersebut. Semakin ringan tingkat bahaya erosi maka lahan tersebut tidak mengalami kekritisian. Klasifikasi tingkat bahaya erosi untuk masing-masing kelas ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Klasifikasi & Skoring Tingkat Bahaya Erosi untuk Penentuan Lahan Kritis

Kelas	Jumlah Erosi (ton/ha/tahun)	Skor
Sangat Ringan	<15	5
Ringan	15-60	4
Sedang	61-180	3
Berat	181-480	2
Sangat Berat	>480	1

### 2.2.4. Manajemen

Manajemen merupakan salah satu kriteria yang dipergunakan untuk menilai lahan kritis di

kawasan hutan lindung, yang dinilai berdasarkan kelengkapan aspek pengelolaan yang meliputi keberadaan tata batas kawasan, pengamanan dan pengawasan serta dilaksanakan atau tidaknya penyuluhan. Semakin baik pengelolaan maka semakin lahan tersebut tidak mengalami kekritisian. Klasifikasi manajemen untuk masing-masing kelas ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Klasifikasi & Skoring Manajemen untuk Penentuan Lahan Kritis

Kelas	Besaran/Deskriptif	Skor
Baik	Lengkap *)	5
Sedang	Tidak Lengkap	3
Buruk	Tidak Ada	1

Keterangan:

- \*) . - Tata Kawasan Ada
- Pengamanan Kawasan Ada
- Penyuluhan Dilaksanakan

Selanjutnya adalah mengelompokkan tingkat kekritisian lahan sesuai total skor pada masing fungsi kawasan . Penentuan tingkat kekritisian lahan dapat dilakukan dengan cara manual yaitu dengan cara penjumlahan nilai yang diperoleh pada masing-masing lahan, yaitu:

$$\text{Tingkat Kekritisian Lahan} = \sum (\% \text{ Bobot} \times \text{Skor})$$

Rumus 1

Untuk penilaiannya, masing-masing kelas diberi bobot, besaran/deskripsi serta skor. Tingkat kekritisian lahan dihitung dengan mengalikan persentase bobot dan skor sehingga diperoleh suatu jumlah total skor masing-masing kawasan. Hasil dari skoring selanjutnya diklasifikasikan seperti pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Klasifikasi Tingkat Lahan Kritis Berdasarkan Total Skor

Kawasan Hutan Lindung	
Total Skor	Tingkat Kekritisian Lahan
120-180	Sangat Kritis
181-270	Kritis
271-360	Agak Kritis
361-450	Potensial Kritis
451-500	Tidak Kritis

Sumber: Kementerian Kehutanan 2013

### 2.3. Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data, masing-masing *dataset* yang masih berisi data informasi pendukung perlu dilakukan pengolahan dengan membersihkan data informasi pendukung tersebut. Data yang diolah hanya empat parameter sesuai dengan Permenhut Nomor P.32/MenhutII/2009. Data penelitian ini bertipe kategorik sesuai dengan data yang dibutuhkan dalam metode yang diusulkan. Memilih satu kabupaten untuk dijadikan objek, dalam penelitian ini adalah Kabupaten Wonogiri.

### 2.4. Metode yang Diusulkan

Metode yang diusulkan dalam penelitian ini adalah *k-modes*. *K-modes* ini tidak lain merupakan modifikasi dari metode *k-means*, hanya saja dalam metode *k-modes klustering* ini digunakan untuk pengelompokan data yang bertipe kategorik [13], permasalahan yang terjadi pada *k-means* ini terbatas pada penggunaan data bertipe numerik karena pengelompokan yang dilakukan *k-means* dengan cara menghitung rata-rata dari suatu data dengan data yang lain [11], sedangkan data dalam parameter lahan kritis ini tidak dapat diterapkan dengan metode *k-means* klustering melainkan menggunakan *k-modes* dikarenakan data dalam penelitian ini bertipe kategorik.

### 2.5. Eksperimen dan Pengujian Metode

Pada tahap ini menjelaskan mengenai langkah-langkah eksperimen yang meliputi cara ataupun proses dari analisis deskriptif dan analisis kluster dengan metode *k-modes* sehingga akan didapatkan hasil pengelompokan DAS di Kabupaten Wonogiri yang diprioritaskan untuk dilakukannya rehabilitasi. Dalam menganalisisnya digunakan program *Microsoft Excel*. Dalam penelitian ini tentunya perlu dilakukan eksperimen dan pengujian metode yang diusulkan. Data yang sudah ada dilakukan eksperimen dengan menggunakan metode yang diusulkan yaitu metode *k-modes*, tentunya dalam metode *k-modes* memiliki beberapa tahapan didalamnya yaitu:

2.5.1. Pilih *k* data sebagai inialisasi centroid (modus), satu untuk setiap kluster,

2.5.2. Alokasikan data ke kluster dengan modulusnya terdekat menggunakan persamaan 1,

$$d(X, Y) = \sum_{j=1}^r \epsilon(x_j, y_j)$$

Dimana:

$d(x, y)$  = jarak data *x* ke *y*

$x_j$  = nilai fitur ke-*j* dari *x*

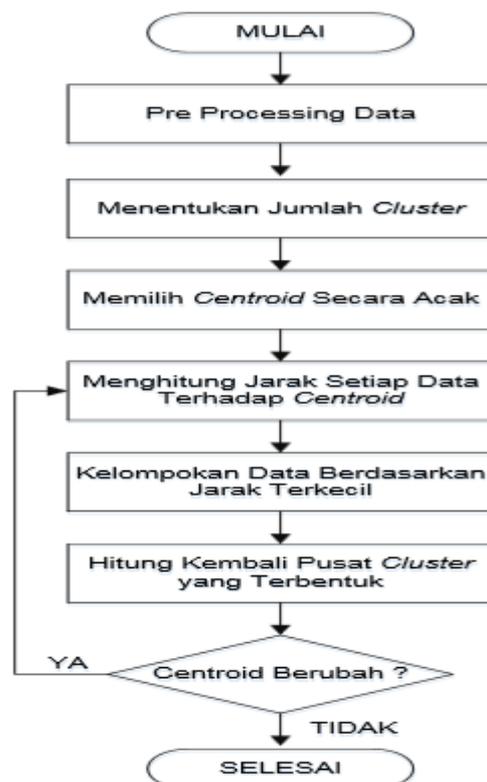
$y_j$  = nilai fitur ke-*j* dari *y*

*r* adalah jumlah fitur, sedangkan  $\epsilon$  adalah nilai pencocokan seperti pada persamaan berikut:

$$\epsilon(x_j, y_j) = \begin{cases} 0 & (x_j = y_j) \\ 1 & (x_j \neq y_j) \end{cases}$$

2.5.3. Perbarui modus (sebagai centroid) dari setiap kluster dengan nilai kategori yang sering muncul pada setiap kluster

Ulangi langkah 2 dan 3 untuk memenuhi syarat, yaitu (a) data pada kluster tersebut tidak bergerak atau (b) posisi pusat centroid tidak berubah [13].



Gambar 2. Diagram Alur K-Modes

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini digunakan *dataset* parameter lahan kritis di Kabupaten Wonogiri Tahun 2012.

#### 3.1. Data Uji

Penelitian ini berjumlah 1000 *record* data DAS. Data yang sudah di transformasi dan dibersihkan dari atribut yang tidak dipakai kemudian dipilih 5583 data DAS dengan luasan terbesar untuk dilakukan *clustering*. Fitur yang dipakai dalam *clustering* adalah parameter yang berpengaruh dalam menentukan tingkat kekritisan lahan yaitu skor penutupan lahan, skor lereng, skor erosi, skor produktivitas dan skor manajemen. data yang sudah dipilih sesuai dengan Tabel 6.

**Tabel 6.** Data Uji

Data ke-	KD-DAS	Ha	S K - P L	S K - K L	S K - T B E	S K - M A N
1	230641	0.003	3	4	1	1
2	230641	0.451	3	4	1	1
3	230641	0.943	3	4	1	1
4	230641	3.828	3	4	1	1
5	230641	0.196	3	4	1	1
6	230641	2.986	3	4	1	1
7	230641	0.111	3	4	1	1
8	230641	6.952	3	4	1	1
9	230641	4.427	3	4	1	1
5583	230642	13.585	5	5	2	1

#### 3.2. Pengujian dengan K-Modes

Perhitungan pada algoritma k-modes melalui bantuan *Microsoft Excel* diawali dengan menentukan jumlah *cluster* atau kelompok data yang dihasilkan nantinya. Dalam penelitian ini menggunakan 3 *cluster* untuk menentukan tingkat kekritisan lahan.

##### 3.2.1. Inisialisasi

Pilih k data sebagai inisialisasi centroid (modus) Dipilih tiga data sebagai modus awal secara acak, terpilih data ke5321, ke-3421 dan ke-4341.

**Tabel 7.** Hasil Inisialisasi Centroid (Modus)

Centroid	KD DAS	S K - P L	S K - K L	S K - T B E	S K - M A N
1	230285	5	3	2	1
2	230285	3	4	2	3
3	230285	4	3	4	1

##### 3.2.2. Iterasi 1

Alokasikan data ke kluster dengan modulusnya terdekat menggunakan persamaan 1.

**Tabel 8.** Hasil Alokasi Data ke Kluster dengan Modus Terdekat pada Iterasi 1

Data ke-	KD DAS	Jarak ke Centroid			Terdekat	Kluster yang Di ikuti
		1	2	3		
1	230641	3	2	3	2	2
2	230641	3	2	3	2	2
3	230641	3	2	3	2	2
4	230641	3	2	3	2	2
5	230681	3	2	3	2	2
6	230681	3	2	3	2	2
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
5583	230642	1	3	3	1	1

Selanjutnya hitung modus yang baru untuk setiap kluster berdasarkan data yang bergabung pada setiap klasternya.

**Tabel 9.** Hasil Klaster 1 yang Terbentuk pada Iterasi 1

Data Anggota	KD DAS	S K - P L	S K - K L	S K - T B E	S K - M A N
63	230641	3	5	2	1
64	230641	3	5	2	1
65	230641	3	5	2	1
66	230641	3	5	2	1
67	230641	3	5	2	1
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
5583	230642	5	5	2	1
Modus		5	5	2	1

**Tabel 10.** Hasil Klaster 2 yang Terbentuk pada Iterasi 1

Data Anggota	KD DAS	S K - P L	S K - K L	S K - T B E	S K - M A N
1	230641	3	4	1	1
2	230641	3	4	1	1
3	230641	3	4	1	1
4	230641	3	4	1	1
5	230641	3	4	1	1
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
5563	230642	3	4	1	1
Modus		3	4	1	1

**Tabel 11.** Hasil Klaster 3 yang Terbentuk pada Iterasi 1

Data Anggota	KD DAS	S K - P L	S K - K L	S K - T B E	S K - M A N
31	230641	4	4	1	1
32	230641	4	4	1	1
33	230641	4	4	1	1
34	230641	4	4	1	1
35	230641	4	4	1	1
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
5568	230642	4	4	1	1
Modus		4	4	1	1

3.2.3. Perbarui modus (sebagai centroid) dari setiap klaster dengan nilai kategori yang sering muncul pada setiap klaster

**Tabel 12.** Hasil Centroid Modus Baru pada Iterasi 1

Centroid	S K - P L	S K - K L	S K - T B E	S K - M A N
1	5	5	2	1
2	3	4	1	1
3	4	4	1	1

Dikarenakan inisialisasi centroid awal dan centroid baru pada iterasi 1 mengalami perubahan centroid, maka kembali ke langkah ke-2 dan melakukan iterasi selanjutnya dan mengalami perubahan centroid, maka langkah tersebut dihentikan, yang artinya klaster yang didapatkan sudah mencapai kondisi konvergen.

Tingkat kekritisan lahan DAS di Kabupaten Wonogiri pada kawasan hutan lindung yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumus 3.1. Tingkat kekritisan lahan DAS di Kabupaten Wonogiri pada kawasan hutan lindung dapat disajikan pada Tabel 4.13.

**Tabel 13.** Tingkat Kekritisan Lahan Pada Kawasan Hutan Lindung

Kawasan Hutan Lindung					
Klaster	Parameter	%Bobot	Skor	Tingkat Kekritisan Lahan	Klasifikasi Tingkat Kekritisan Lahan
Klaster 1	PL (Penutupan Lahan)	50	5	250	Potensial Kritis
	KL (Kemiringan Lereng)	20	5	100	
	TBE (Tingkat Bahaya Erosi)	20	2	40	
	MAN (Manajemen)	10	1	10	
Jumlah				400	
Klaster 2	PL (Penutupan Lahan)	50	3	150	Kritis
	KL (Kemiringan Lereng)	20	4	80	
	TBE (Tingkat Bahaya Erosi)	20	1	20	
	MAN	10	1	10	

Kawasan Hutan Lindung					
Klaster	Parameter	%Bobot	Skor	Tingkat Kekritisian Lahan	Klasifikasi Tingkat Kekritisian Lahan
	(Manajemen)				
	Jumlah			260	
Klaster 3	PL (Penutupan Lahan)	50	4	200	Agak Kritis
	KL (Kemiringan Lereng)	20	4	80	
	TBE (Tingkat Bahaya Erosi)	20	1	20	
	MAN (Manajemen)	10	1	10	
	Jumlah			310	

Klasifikasi tingkat kekritisian lahan di kawasan hutan lindung dengan kriteria potensial kritis terdapat pada klaster ke-1 dengan parameter lahan kritis berupa penutupan lahan sangat baik, kemiringan lereng yang datar dengan tingkat bahaya erosi yang berat serta manajemen yang buruk. Untuk klaster ke-2 dengan kriteria lahan kritis berupa penutupan lahan sedang, kemiringan lereng landai, tingkat bahaya erosi sangat berat serta manajemen yang buruk. Klaster ke-3 dengan kriteria agak kritis dengan penutupan lahan baik, kemiringan lereng landai, tingkat bahaya erosi yang sangat berat serta manajemen yang buruk.

#### 4. KESIMPULAN

Pada studi kasus penentuan DAS prioritas di Kabupaten Wonogiri pada kawasan hutan lindung yang didasarkan atas empat parameter dengan menerapkan algoritma k-modes terbukti mampu memberikan hasil pengelompokan yang baik. Hal ini dibuktikan dengan kelompok yang menjadi prioritas untuk dilakukan rehabilitasi. Kawasan hutan lindung yang menjadi prioritas pertama dilakukannya rehabilitasi terdapat pada kelompok 2 dengan karakteristik penutupan lahan yang sedang, kemiringan lereng yang landai, tingkat bahaya erosi yang sangat berat, dan manajemen yang buruk. Selanjutnya adalah kelompok 3 yang menjadi prioritas kedua dengan

karakteristik penutupan lahan yang baik, kemiringan lereng yang landai, tingkat bahaya erosi yang sangat berat, dan manajemen yang buruk. Untuk kelompok 1 yang menjadi prioritas ketiga dengan karakteristik penutupan lahan yang sangat baik, kemiringan lereng yang datar, tingkat bahaya erosi yang berat dan manajemen yang buruk.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Solo yang telah mendukung penelitian dalam pengumpulan data dan terima kasih kepada dosen pembimbing Bapak Deden Istiawan, S.Si yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan dalam penelitian ini.

#### REFERENSI

- [1] Adriane et al. (2015). Combining KMeans and K-Harmonic with Fish School Search Algorithm for Data Clustering Task on Graphics Processing Units. *Applied Soft Computing Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.12.032>
- [2] [BPDAS Solo] Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Solo. (2009). *Luas Lahan Kritis Masing-masing Kabupaten yang Masuk Wilayah SWP DAS Solo Tahun 2009*. Solo: Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Solo Retrieved from <http://www.bpdassolo.net/index.php/program-das/lahan-kritis-2009-review/luaslahan-kritis->
- [3] Carvalho, F., Lechevallier, Y., & Melo, F. (2012). Partitioning hard clustering algorithms based on multiple dissimilarity matrices. *Pattern Recognition*, 45(1), 447–464. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2011.05.016>
- [4] Celebi, M. E., Kingravi, H. A., & Vela, P. A. (2013). Expert Systems with Applications A comparative study of efficient initialization methods for the

- kmeans clustering algorithm. *Expert Systems With Applications*, 40(1), 200–210.  
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.07.021>
- [5] [Dephut] Departemen Kehutanan. (2009). *Kerangka Kerja Pengelolaan Daerah Aliran Sungai di Indonesia*. Jakarta: Departemen Kehutanan Republik Indonesia.
- [6] Fahad, a, Alshatri, N., Tari, Z., Alamri, a, Khalil, I., Zomaya, a, ... Bouras, a. (2014). A Survey of Clustering Algorithms for Big Data: *Taxonomy & Empirical Analysis*. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 2(3), 1–1.  
<https://doi.org/10.1109/TETC.2014.2330519>
- [7] Fahmi, M. F. (2016). Segmentation and distribution of watershed using K-Modes Clustering Algorithm and DaviesBouldin Index based on Geographic information System ( GIS ). *Internastional Seminar on Application for Technology of Information Anda Communication*, 235–240.
- [8] Fahmi, M. F., & Suprpto, Y. K. (2013). Penentuan Prioritas Rehabilitasi DAS Menggunakan Algoritma K-Means Clustering. *Java Jurnal of Electrical and Electronics Engineering*, 11(2), 14–20.
- [9] Fahmi, M. F., & Suprpto, Y. K. (2015). Implementasi Algoritma K-Means Clustering Dalam Penentuan Prioritas Rehabilitasi Daerah Aliran. *Jurnal Ilmiah NERO*, 2(1), 19–26.
- [10] Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data Mining Concepts and Techniques (Third Edit)*. Waltham, USA: Morgan Kufmann.
- [11] Handayani, V., & Kurniati, A. P. (2010). *Analisis Clustering Menggunakan Algoritma K-Modes*. Bandung: Universitas Telkom.
- [12] Haqiqi, B. N., & Kurniawan, R. (2015). *Analisis Perbandingan Metode Fuzzy CMeans dan Subtractive Fuzzy C-Means*. Jakarta: Sekolah Tinggi Ilmu Statistik, 59–67.
- [13] Huang, J. Z. (2009). *Clustering Categorical Data with k-Modes*. Hongkong: Universitas Hongkong
- [14] Huzaini, A. (2013). *Tingkat Kekritisian Lahan di Kecamatan Gunungpati Kota Semarang*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [15] Jagannath, S., & Panda, G. (2014). A survey on nature inspired metaheuristic algorithms for partitional clustering. *Swarm and Evolutionary Computation*, 16, 1–18.  
<https://doi.org/10.1016/j.swevo.2013.11.003>
- [16] [Kemenhut] Kementrian Kehutanan. (2013) *Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis*. Jakarta: Kementrian Kehutanan Direktorat Jendral Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Dan Perhutanan Sosial.
- [17] Kesemen, O., Tezel, O., & Ozkul, E. (2016). Fuzzy C-Means Clustering Algorithm for Directional Data. *Expert Systems With Applications*.  
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.03.034>
- [18] Komaruddin, N. (2008). Penilaian Tingkat Bahaya Erosi di Sub Daerah Aliran Sungai Cileungsi. Bogor. *Jurnal Agrikultura*, 19, 173–178.
- [19] Liao, S., Chu, P., & Hsiao, P. (2012). Expert Systems with Applications Data mining techniques and applications – A decade review from 2000 to 2011. *Expert Systems With Applications*, 39(12), 11303–11311.  
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.063>

- [20] Musdar, I. A., & Azhari. (2015). Metode RCE-Kmeans untuk Clustering Data, Yogyakarta. *IJCCS*, 9(2), 157–166.
- [21] Paimin., Pranomo, I. B., Purwanto., & Dewi, R. I. (2012). *Sistem Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. (H. Santoso & Pratiwi, Eds.). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konversi dan Rehabilitasi.
- [22] Pewista, I., & Harini, R. (2010). *Faktor dan Pengaruh Alih Fungsi Lahan Pertanian Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Penduduk di Kabupaten Bantul. Kasus Daerah Perkotaan, Pinggiran dan Pedesaan Tahun 2001-2010*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [23] Pimentel, B. A., & Souza, R. (2015). Neurocomputing Multivariate Fuzzy CMeans Algorithms with Weighting. *Neurocomputing*, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.10.011>
- [24] Riskihadi, A., Rahardi, B., & Suharto, B. (2009). Performance Determination Junggo Sub-Watershed In Management Regional an Upstream Area Brantas Watershed. *Jurnal Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, II(I), 47–54
- [25] Suci, A. D. Y. P. (2009). *Arahan Fungsi Pemanfaatan Lahan di Kabupaten Wonogiri*. Universitas Diponegoro.
- [26] Susilawati, D. (2009). *Perambahan Hutan (Studi Kasus Desa Bulu Hadik , Kecamatan Teluk Dalam , Kabupaten Simeulue , NAD) Sumatera : Universitas Sumatera Utara*.
- [27] Widiarina, & Wahono, R. S. (2015). Algoritma Cluster Dinamik untuk Optimasi Cluster pada Algoritma KMeans dalam Pemetaan Nasabah Potensial. *Journal of Intelligent System*, 1(1), 33–36.
- [28] Widiartha, I. M., Arifin, A. Z., & Yuniarti, A. (2012). Adaptive Data Clustering Method Based on Artificial Bee Colony and K-Harmonic Means. *Jurnal Ilmiah KURSOR*, 6, 129–137.

