



**IDENTIFIKASI LAHAN KRITIS SEBAGAI ALTERNATIF  
SENTRA PRODUKSI TANAMAN HORTIKULTURA DI JAWA  
TENGAH DENGAN PENDEKATAN CLUSTERING  
PARTITIONING AROUND MEDOID**

**CABANG LOMBA: DATA SCIENCE  
SUBTOPIC: DATA MINING**

**DIUSULKAN OLEH:**

**TIM PAWANG PYTHON LIAR  
WILLYAM; G64160065  
MUHAMMAD FARID MARZUQ; G64160078  
IRFAN ALGHANI KHALID; G64170054**

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2018**

# IDENTIFIKASI LAHAN KRITIS SEBAGAI ALTERNATIF SENTRA PRODUKSI TANAMAN HORTIKULTURA DI JAWA TENGAH DENGAN PENDEKATAN CLUSTERING PARTITIONING AROUND MEDOID

Lahan kritis adalah suatu kondisi lahan yang telah mengalami degradasi sehingga lahan tersebut tidak bisa menjalankan fungsinya. Lahan kritis muncul akibat dari penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan peruntukannya. Lahan kritis dapat membahayakan fungsi hidrologis, orologis, produksi pertanian, pemukiman, dan kehidupan sosial ekonomi. Untuk mengatasi banyaknya lahan kritis, lahan tersebut dapat digunakan menjadi lahan untuk penanaman tanaman hortikultura. Hortikultura adalah proses budidaya, pengolahan, dan penjualan buah-buahan, kacang-kacangan, sayuran, tanaman hias, dan bunga termasuk bentuk layanan lainnya. Pasar produk hortikultura memiliki indikasi semakin membesar sebagai akibat dari bergesernya preferensi konsumen yang semakin menghindari bahan pangan berkolesterol tinggi. Melalui penelitian ini akan diidentifikasi lahan-lahan kritis di Jawa Tengah yang dapat digunakan sebagai alternatif sentra produksi tanaman hortikultura. Metode penelitian yang digunakan adalah *partitionial clustering* berbasis *medoid* (*K-Medoid*) dengan algoritme *partitioning around medoids*. Algoritme *K-Medoid* digunakan untuk mengidentifikasi lahan-lahan kritis. Secara umum algoritme *K-Medoid* memiliki keunggulan lebih *robust* terhadap pencilan dibanding algoritme *partitionial clustering* lainnya. Algoritme ini juga memiliki keunggulan lain yaitu hasil perhitungan tidak bergantung pada indeks objek pada dataset. Hasil penambangan data menunjukkan bahwa terdapat beberapa kota atau kabupaten di Jawa Tengah yang memiliki tingkat produktivitas lahan yang baik meskipun tingkat kekritisannya tinggi. Daerah-daerah yang memiliki kriteria tersebut adalah Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Kendal, Kabupaten Tegal, Kabupaten Pati, Kabupaten Temanggung, dan Kabupaten Wonogiri.

Kata kunci: *clustering*, hortikultura, *K-Medoid*, lahan kritis, produktivitas lahan

## PENDAHULUAN

### **Latar Belakang**

Indonesia adalah negara kepulauan terluas di dunia. Luas negara Indonesia merupakan yang terluas ke-19 di dunia. Merujuk data Badan Pusat Statistik (2017), pada tahun 2015 tercatat bahwa luas daratan Indonesia seluas 1.913.578,68 km<sup>2</sup> dengan jumlah pulau sebesar 17.504 pulau. Dari sejumlah pulau tersebut, terdapat lima pulau terbesar yaitu Papua, Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, dan Jawa. Meski begitu, penduduk Indonesia paling banyak tinggal di Pulau Jawa. Pulau Jawa menanggung sebesar 56.81% dari total penduduk Indonesia (BPS 2015). Padahal luas wilayah Pulau Jawa hanya 6% dari total wilayah Indonesia. Padatnya Pulau Jawa menjadikan Pulau Jawa sebagai salah satu pulau terpadat di dunia.

Kepadatan penduduk tentunya mengakibatkan berbagai dampak bagi kehidupan masyarakatnya, terutama dalam bidang sosial-ekonomi. Dampak dari padatnya penduduk antara lain semakin terbatasnya sumber-sumber kebutuhan pokok, tidak tercukupinya fasilitas sosial, dan tidak tercukupinya lapangan pekerjaan bagi tenaga kerja yang ada (Christiani et al. 2014). Menurut Fandeli et al. (2008), perkembangan penduduk menyebabkan pemanfaatan sumber daya alam tidak memperhatikan kelestarian. Semakin padatnya penduduk menyebabkan kebutuhan lahan yang semakin meningkat. Kebutuhan akan lahan pemukiman, lahan untuk sawah, lahan untuk industri, dan lain-lain menyebabkan adanya pembukaan lahan. Akibatnya terjadi peralihan fungsi lahan ke penggunaan yang lain. Peralihan ini menyebabkan rusaknya lahan, sehingga muncul lahan-lahan kritis.

Lahan kritis adalah suatu kondisi lahan yang telah mengalami degradasi sehingga lahan tersebut tidak dapat menjalankan fungsinya. Lebih jauh, Mulyadi dan Soeprattohardjo (1975) menyebutkan bahwa lahan kritis adalah lahan yang telah mengalami atau dalam proses kerusakan fisik, kimia, dan biologi yang pada akhirnya membahayakan fungsi hidrologis, orologis, produksi pertanian, pemukiman, dan kehidupan sosial-ekonomi. Sementara itu Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2001) menyebutkan bahwa lahan kritis adalah

lahan yang keadaan fisiknya sedemikian rupa sehingga lahan tersebut tidak berfungsi secara baik sesuai dengan peruntukannya sebagai media produksi maupun sebagai media tata air.

Hortikultura adalah proses budidaya, pengolahan, dan penjualan buah-buahan, kacang-kacangan, sayuran, tanaman hias, dan bunga termasuk bentuk layanan lainnya (Shry dan Reily 2017). Saat ini hortikultura menjadi salah satu komoditas menguntungkan. Pasar produk hortikultura memiliki indikasi semakin membesar, baik di pasar domestik maupun dunia, sebagai akibat dari bergesernya preferensi konsumen yang semakin menghindari bahan pangan berkolesterol tinggi. Indikasi tersebut juga merupakan dampak dari dihapuskannya berbagai hambatan perdagangan antar negara sesuai kesepakatan General Agreement on Tariff and Trade, sehingga perdagangan komoditas hortikultura semakin tinggi (Irawan 2012).

Penelitian serupa yang pernah dilakukan oleh Sitorus, Mashudi, dan Haridjaja (2010) menyebutkan bahwa terdapat korelasi positif linear antara tingkat kekritisan lahan dengan produktivitas lahan. Semakin tinggi tingkat kekritisan lahan berindikasi pada menurunnya produktivitas lahan. Tingkat produktivitas lahan dihitung dari jumlah produksi tanaman dibagi luas lahan tempat menanam. Melalui penelitian ini akan diidentifikasi lahan-lahan kritis di Jawa Tengah yang dapat digunakan sebagai lahan untuk pembudidayaan tanaman hortikultura. Penelitian ini menggunakan metode *partitional clustering* berbasis *medoid* (*partitioning around medoids*). Hasil dari penelitian ini berbentuk peta perbandingan tingkat kekritisan lahan dari daerah-daerah dengan tingkat produktivitas lahan yang tinggi.

### **Tujuan Penelitian**

Menerapkan metode *partitional clustering* berbasis *medoid* untuk mengidentifikasi lahan-lahan kritis di Jawa Tengah yang dapat digunakan sebagai alternatif sentra produksi tanaman hortikultura serta menampilkannya dalam bentuk peta perbandingan tingkat kekritisan lahan dari daerah-daerah dengan tingkat produktivitas lahan yang tinggi.

## **Manfaat Penelitian**

Peta tingkat kekritisan lahan dari daerah-daerah dengan tingkat produktivitas lahan yang tinggi dapat digunakan sebagai acuan dalam memanfaatkan lahan-lahan kritis di Jawa Tengah. Peta ini dapat digunakan oleh pihak terkait seperti petani dan masyarakat di Jawa Tengah dalam memanfaatkan lahan-lahan kritis di sekitar tempat tinggal mereka.

## **Batasan**

1. Data lahan kritis yang digunakan diperoleh dari situs Satu Data Indonesia yang disediakan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. Data tersebut berupa data spasial dengan studi area adalah Jawa Tengah dengan kurun waktu pada tahun 2015.
2. Data produktivitas lahan hortikultura diperoleh dari data luas panen dan produksi tanaman sayuran dan buah-buahan semusim pada buku Statistik Pertanian Hortikultura Provinsi Jawa Tengah 2014–2016 yang disediakan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. Data tersebut berupa data tabular dengan studi area adalah Jawa Tengah dengan kurun waktu pada tahun 2015.

## **METODE PENELITIAN**

### **Lingkungan Pengembangan**

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah komputer personal dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Prosesor : Intel Core i7-7700HQ 2.80GHz
2. Memori : 8 GB
3. VGA : NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem operasi Microsoft Windows 10 (64-bit)
2. Bahasa pemrograman R versi 3.5.1
3. RStudio 1.1.456 untuk mengolah data tabular

4. Quantum GIS 3.2.0 untuk mengolah data spasial
5. Microsoft Excel 2013 sebagai media tambahan untuk memperbaiki format *dataset*

## Dataset

Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari berbagai sumber. Data peta lahan kritis di Pulau Jawa tahun 2015 diambil dari situs Satu Data Indonesia yang disediakan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. Data diunduh pada tanggal 27 Agustus 2018. Data tersebut berformat kml.

Data produktivitas lahan diambil dari data luas panen dan produksi tanaman sayuran dan buah-buahan semusim pada buku Statistik Pertanian Hortikultura Provinsi Jawa Tengah 2014–2016 yang disediakan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. Versi digital dari data tersebut tersedia pada situs Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. Data diunduh pada tanggal 10 November 2018. Data tersebut berformat xls.

## Uji Hopkins

Uji Hopkins adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan tingkat *clusterability* pada suatu dataset. Uji Hopkins menguji keteracakan dari suatu dataset. Semakin tidak teracak suatu dataset, maka semakin bermakna *cluster* dari dataset tersebut (Adolfsson et al. 2016). Rumusnya adalah:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n y_i},$$

(Han et al. 2011)

dengan

$H$  : nilai uji Hopkins,

$y_i$  : jarak minimum antara objek  $p_i$  dengan objek  $p$  yang lain, dengan  $p$  adalah himpunan objek yang memiliki sebaran normal di dataset,

$x_i$  : jarak minimum antara objek  $q_i$  dengan objek  $q$  yang lain, dengan  $q$  adalah himpunan objek yang memiliki sebaran normal di dataset.

Dalam uji Hopkins, hipotesis *null* ( $H_0$ ) menyatakan bahwa dataset menyebar normal dan tidak memiliki *cluster* yang bermakna. Sedangkan hipotesis alternatif ( $H_1$ ) menyatakan bahwa dataset tidak menyebar normal dan memiliki *cluster* yang bermakna. Jika nilai  $H > 0.5$ , maka hipotesis *null* ditolak sehingga dataset disebut memiliki *cluster* yang bermakna.

### **Algoritme *Elbow***

*Elbow* adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan jumlah *cluster* yang optimal. *Elbow* menggunakan persentase ragam terhadap banyaknya jumlah *cluster* sebagai fungsi dari jumlah *cluster* (Bholowalia dan Kumar 2014). *Elbow* dimulai dengan menetapkan nilai  $k = 1$ . Kemudian hitung nilai *within-cluster sum of square* (WSS). Setelah nilai nilai  $k$  ditambah satu per satu, kemudian langkah tersebut diulang sampai mendapatkan nilai  $k$  optimum. Jika nilai WSS tidak lagi berubah secara signifikan, maka nilai  $k$  sebelumnya menunjukkan jumlah *cluster* yang optimum.

### **Algoritme *K-Medoid***

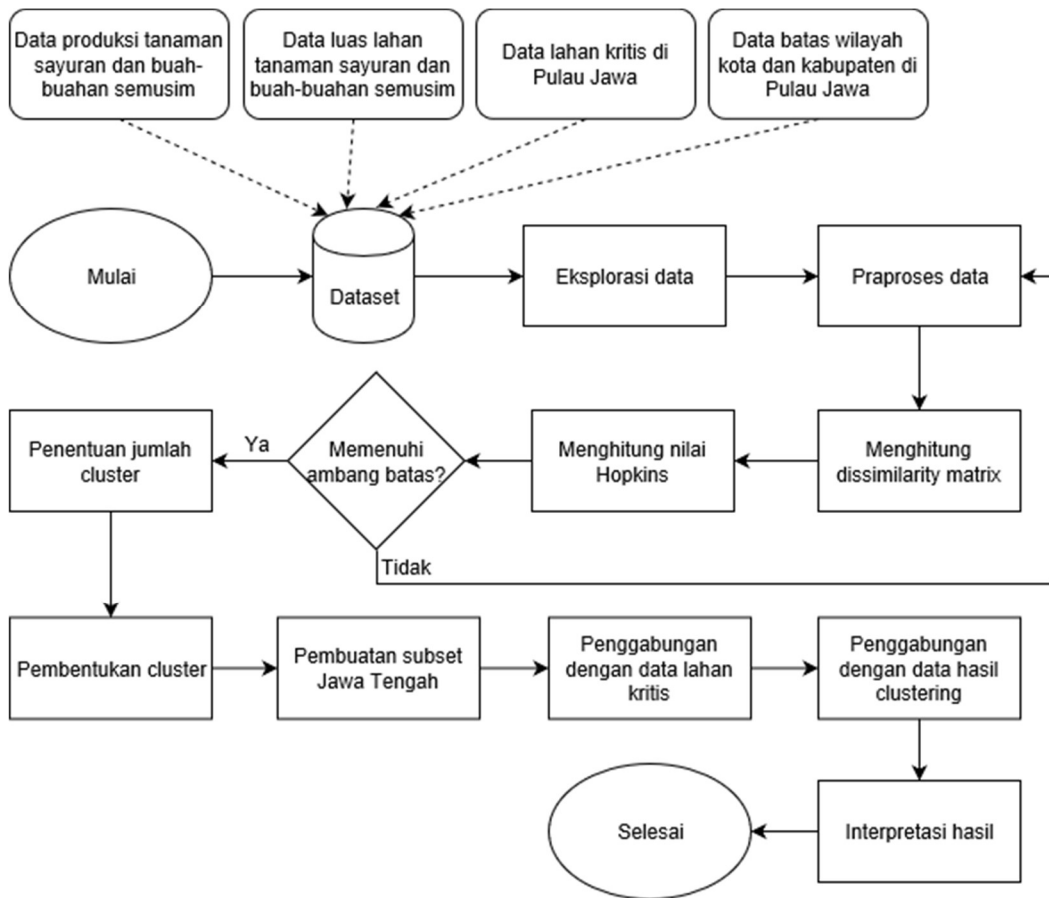
*K-Medoid* adalah salah satu metode untuk melakukan *partitional clustering*. Algoritme *K-Medoid* membagi sejumlah  $n$  objek dalam dataset ke dalam  $k$  *cluster* yang diketahui sebelumnya. Tiap *cluster* memiliki satu buah titik pusat berupa objek (*medoid*). *Medoid* adalah objek yang terletak paling dekat dengan titik tengah *cluster*. Menurut Kaufman dan Rousseeuw (1990), *K-Medoid* secara umum lebih *robust* terhadap pencilan dibanding metode lain. *K-Medoid* menggunakan objek sebagai *medoid*-nya, sehingga tidak akan mudah dipengaruhi oleh pencilan. Selain itu, *K-Medoid* juga tidak bergantung terhadap indeks objek pada dataset.

Salah satu algoritme *K-Medoid* adalah *Partitioning Around Medoids* (PAM). Algoritme PAM dimulai dengan menetapkan sejumlah  $k$  *medoid*. Kemudian setiap objek yang bukan *centroid* diukur jaraknya terhadap setiap *centroid*. Setelah semua objek dibandingkan jaraknya terhadap semua *centroid*, objek-objek tersebut dikelompokkan dengan *centroid* yang terdekat. Langkah tersebut diulang sampai tidak ada perubahan *cluster* yang signifikan (Arora et al. 2016).

## TAHAPAN PENELITIAN

### Desain Implementasi

Penelitian ini memiliki dua tahapan besar, yaitu pengolahan data tabular dan pengolahan data spasial. Data tabular diolah melalui proses *partitional clustering*. Setelah itu data hasil *clustering* digabung dengan data spasial. Tahapan penelitian secara rinci terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alur tahapan penelitian

### Pembentukan Dataset

Tahap awal penelitian yaitu mengambil data lahan kritis di Pulau Jawa, data batas wilayah kota dan kabupaten di Pulau Jawa, serta data luas panen dan produksi tanaman sayuran dan buah-buahan semusim. Dari data luas panen dan produksi tanaman sayuran dan buah-buahan semusim dihitung terlebih dahulu tingkat produktivitas, yaitu jumlah produksi dibagi dengan luas lahan. Indikator produktivitas diukur dalam satuan ton per hektar ( $\text{ton ha}^{-1}$ ). Selanjutnya data lahan



kritis dan batas wilayah tersebut diolah menggunakan seleksi fitur untuk mengambil subset data batas wilayah kota dan kabupaten di Jawa Tengah.

### **Praproses Data**

Pada dataset yang digunakan terdapat 26 fitur berupa komoditas tanaman hortikultura. Fitur tersebut dinormalisasi agar rentang data pada setiap fitur sama, sehingga data tidak bergantung pada satuannya (Han et al. 2011). Normalisasi yang dilakukan menggunakan *z-score normalization*. Rumusnya adalah:

$$v'_i = \frac{v_i - \bar{A}}{\sigma_A},$$

dengan

- $v'_i$  : nilai hasil normalisasi,
- $v_i$  : nilai sebelum dinormalisasi,
- $\bar{A}$  : nilai tengah dari fitur yang dinormalisasi,
- $\sigma_A$  : ragam dari fitur yang dinormalisasi.

### ***Dissimilarity Matrix***

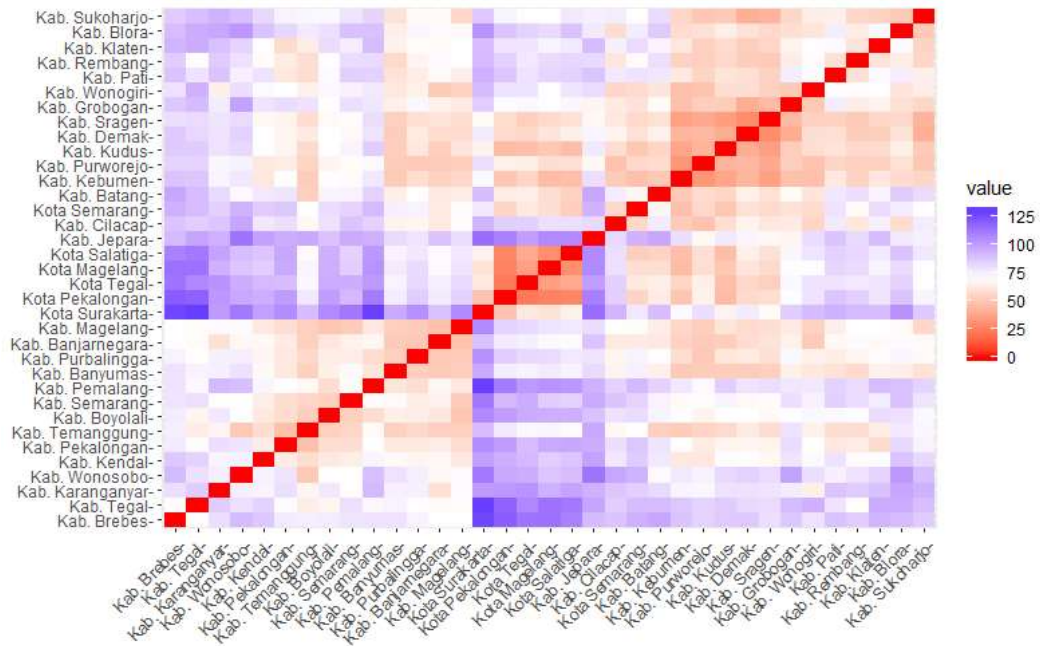
Untuk mengetahui tingkat ketidakmiripan antara satu objek dengan objek lain dalam suatu *cluster*, perlu diketahui terlebih dahulu *dissimilarity matrix* dari dataset tersebut. Metode pengukuran jarak antar objek yang digunakan adalah *Manhattan distance*. Rumusnya adalah:

$$d_{man} = \sum_{i=1}^n |(x_i - y_i)|,$$

dengan

- $d_{man}$  : nilai *Manhattan distance*,
- $x_i$  : data ke-i dari objek  $x$ ,
- $y_i$  : data ke-i dari objek  $y$ .

Setelah dihitung jarak antar objek, data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik *heatmap*. Pada grafik, semakin jauh jarak antar objek maka warna yang ditunjukkan semakin membiru. Sebaliknya, semakin dekat jarak antar objek maka warna yang ditunjukkan semakin memerah. Hasil grafik *heatmap* terdapat pada Gambar 2.



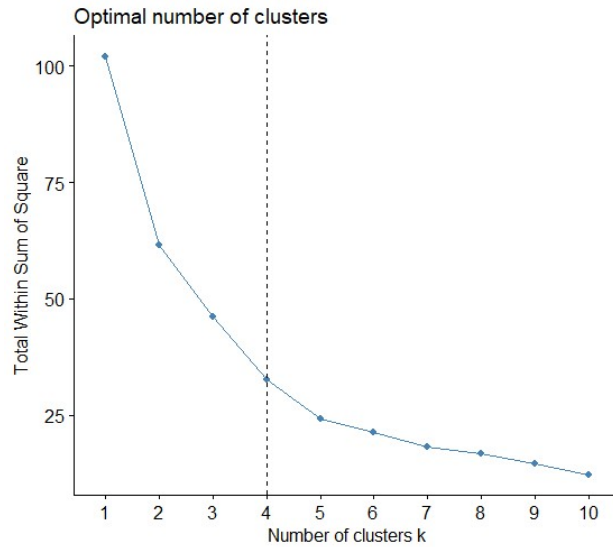
Gambar 2 Grafik *heatmap* antar objek pada dataset

### Uji Hopkins

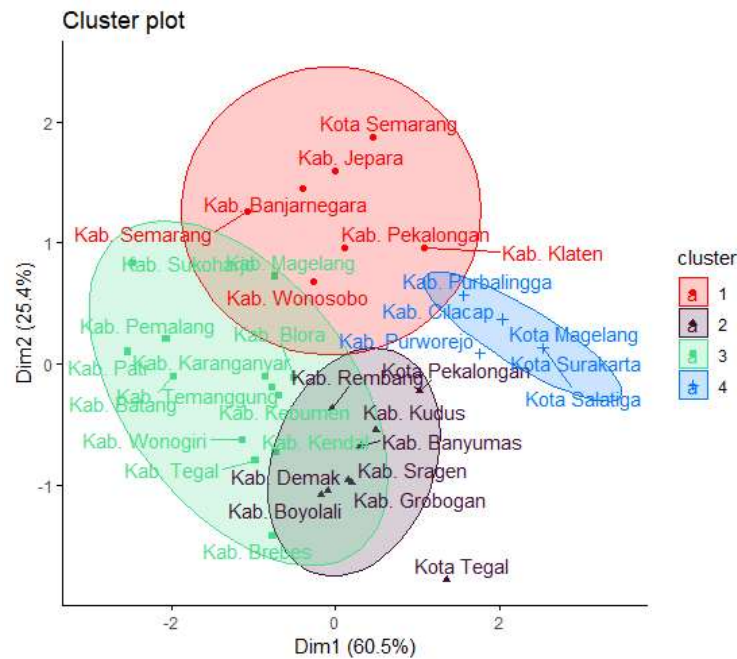
Pada penelitian ini uji Hopkins dilakukan untuk mengetahui tingkat *clusterability* pada dataset. Uji Hopkins diulangi hingga nilainya memenuhi ambang  $H > 0.5$ . Pada penelitian ini nilai Hopkins yang didapat adalah  $H = 0.5467449$ . Karena nilai Hopkins memenuhi ambang  $H > 0.5$ , maka  $H_0$  ditolak sehingga dataset dapat disebut memiliki *cluster* yang bermakna. Fitur akhir yang digunakan yaitu tingkat produktivitas lahan bawang merah, tingkat produktivitas lahan kacang panjang, dan tingkat produktivitas lahan ketimun.

### Pembentukan *Cluster*

Sebelum membentuk *cluster*, terlebih dahulu ditentukan jumlah *cluster* yang akan dibuat. Penentuan jumlah *cluster* yang optimum menggunakan algoritme *Elbow*. Dari perhitungan tersebut terlihat bahwa jumlah *cluster* yang optimum adalah 4. Grafik perhitungan dengan algoritme *Elbow* terdapat pada Gambar 3. Setelah penentuan jumlah *cluster*, dilakukan proses *clustering* menggunakan algoritme PAM. Visualisasi hasil *clustering* tersebut terdapat pada Gambar 4.



Gambar 3 Grafik hasil perhitungan dengan algoritme *Elbow*

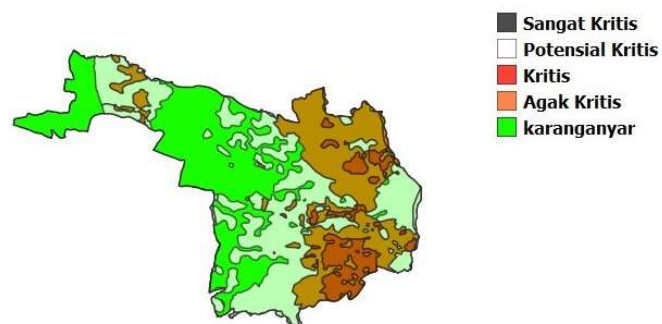


Gambar 4 Visualisasi hasil *clustering*

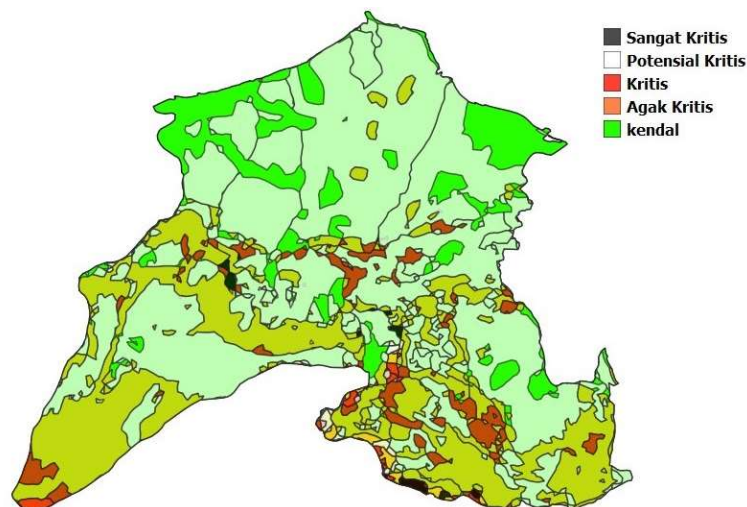
Pemberian label pada *cluster* dengan cara membandingkan tingkat produktivitas lahan tiap *cluster* pada semua fitur yang digunakan. Pemberian label pada *cluster* sesuai dengan urutan tingkat produktivitas lahan yaitu sangat produktif untuk *cluster* 3, cukup produktif untuk *cluster* 2, kurang produktif untuk *cluster* 1, dan tidak produktif untuk *cluster* 4. Daerah yang termasuk ke dalam *cluster* 3 yaitu Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Kendal, Kabupaten Pati, Kabupaten Tegal, Kabupaten Temanggung, dan Kabupaten Wonogiri.

### Penggabungan Data

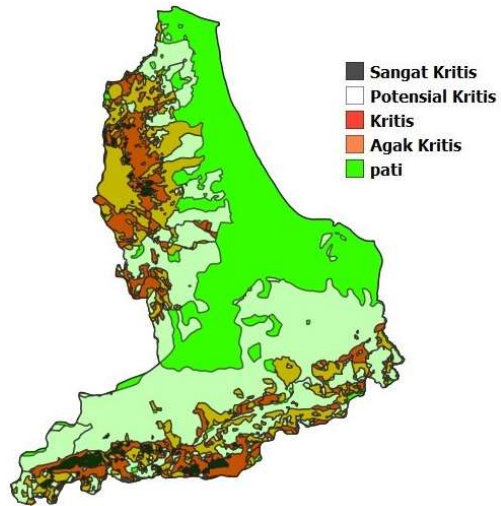
Peta batas-batas wilayah Pulau Jawa dibagi menjadi Peta Jawa Tengah. Pembagian tersebut dilakukan agar peta terfokus pada wilayah Jawa Tengah. Kemudian data hasil *clustering* disisipkan ke dalam atribut peta batas-batas wilayah di Jawa Tengah. Penyisipan dilakukan agar dapat mengetahui tingkat produktivitas lahan di kota dan kabupaten di Jawa Tengah. Setelah itu peta tingkat produktivitas lahan di Jawa Tengah digabungkan dengan peta lahan kritis di Pulau Jawa sehingga peta tersebut terbagi menjadi peta lahan kritis di Jawa Tengah. Setelah mendapatkan peta lahan kritis di Jawa Tengah, peta tersebut dibagi berdasarkan tingkat produktivitas lahan. Hasilnya merupakan peta tingkat kekritisan lahan pada daerah dengan produktivitas lahan yang tinggi. Peta tingkat kekritisan dari Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Kendal, Kabupaten Pati, Kabupaten Tegal, Kabupaten Temanggung, dan Kabupaten Wonogiri terdapat pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.



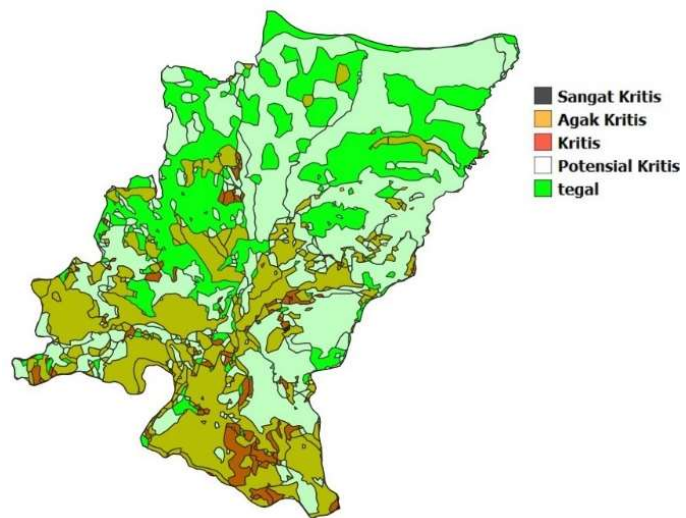
Gambar 5 Peta tingkat kekritisan lahan Kabupaten Karanganyar



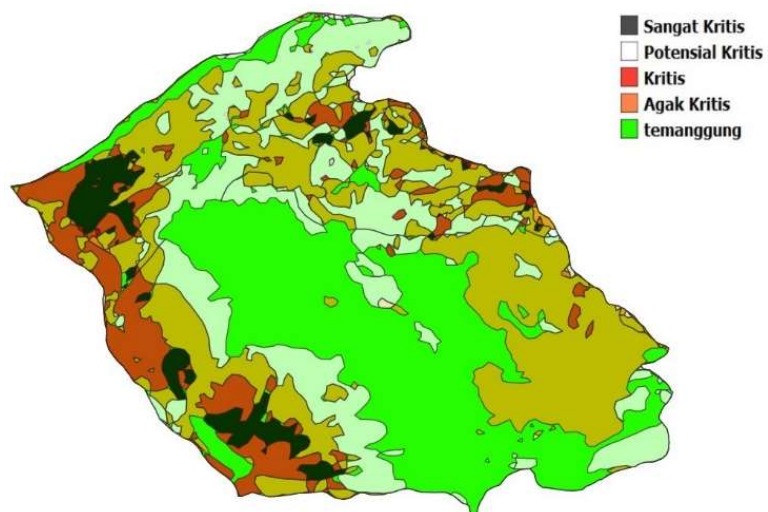
Gambar 6 Peta tingkat kekritisan lahan Kabupaten Kendal



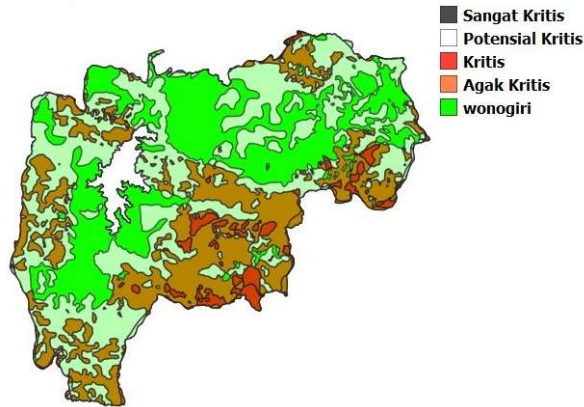
Gambar 7 Peta tingkat kekritisian lahan Kabupaten Pati



Gambar 8 Peta tingkat kekritisian lahan Kabupaten Tegal



Gambar 9 Peta tingkat kekritisian lahan Kabupaten Temanggung



Gambar 10 Peta tingkat kekritisan lahan Kabupaten Wonogiri

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa uji Hopkins akan bernilai optimum jika fitur pada dataset direduksi menjadi tiga, yaitu produktivitas bawang merah, kacang panjang, dan ketimun. Hasil uji Hopkins memenuhi ambang  $H > 0.5$ , sehingga dataset dapat disebut memiliki *cluster* yang bermakna. Menggunakan algoritme *Elbow*, diketahui bahwa jumlah *cluster* optimum sebesar  $k = 4$ . *Cluster* tersebut diberi label sangat produktif, cukup produktif, kurang produktif, dan tidak produktif. Hasil pengolahan dataset menunjukkan bahwa daerah-daerah yang dapat dijadikan alternatif sentra produksi tanaman hortikultura di Jawa Tengah adalah Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Kendal, Kabupaten Tegal, Kabupaten Pati, Kabupaten Temanggung, dan Kabupaten Wonogiri.

### Saran

Saran yang dapat dilakukan oleh petani dan pemerintah adalah menjadikan daerah-daerah tersebut sebagai alternatif sentra produksi tanaman hortikultura. Pemerintah dapat menyiapkan infrastruktur agar daerah-daerah tersebut siap menjadi alternatif sentra produksi tanaman hortikultura. Petani di sekitar daerah tersebut dapat menggunakan peta tingkat kekritisan lahan untuk mengetahui



daerah-daerah yang dapat dijadikan alternatif sentra produksi tanaman hortikultura.

Saran yang dapat dilakukan bagi penelitian selanjutnya adalah menggunakan metode yang lebih baik dalam menentukan fitur yang perlu direduksi. Selain itu juga fitur lain dapat ditambah seperti luas daerah pada tiap tingkat kekritisian lahan. Selain itu hasil prediksi lahan yang dapat dijadikan alternatif sentra produksi tanaman hortikultura belum divalidasi secara langsung secara faktual di lapangan karena dataset yang digunakan masih pada tahun 2015, sehingga data tersebut harus lebih diperbaharui.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adolfsson A, Ackerman M, dan Brownstein NC. 2016. To cluster, or not to cluster: how to answer the question. *Knowledge Discovery from Data* [internet]; 2016 Agu 13–17; Nova Scotia, Canada. [tempat tidak diketahui]. [diunduh 2018 Nov 11]. Tersedia pada: <https://pdfs.semanticscholar.org/f2dd/2c6652960332912099103c3153c47345f01b.pdf>
- Anggarani A. 2012. Keterkaitan pertumbuhan penduduk dengan perubahan penggunaan lahan pertanian ke non pertanian dan luas lahan kritis (studi kasus Kecamatan Sukaraja dan Sukamakmur) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Arora P, Deepali, dan Varshney S. 2016. Analysis of k-means and k-medoids algorithm for big data. Di dalam: Abraham J dan Bhatnagar V, editor. *Procedia Computer Science. 1st International Conference on Information Security and Privacy 2015* [internet]; 2015 Des 11–12; Nagpur, India. [tempat tidak diketahui]. hlm 507–512; [diunduh 2018 Nov 9]. Tersedia pada: [https://ac.els-cdn.com/S1877050916000971/1-s2.0-S1877050916000971-main.pdf?\\_tid=64a3b354-8833-41a2-80d5-dc104dc9c4dd&acdnat=1541778968\\_86d023d9f0ff0db73fda09642a0d3887](https://ac.els-cdn.com/S1877050916000971/1-s2.0-S1877050916000971-main.pdf?_tid=64a3b354-8833-41a2-80d5-dc104dc9c4dd&acdnat=1541778968_86d023d9f0ff0db73fda09642a0d3887)
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2015. *Statistik Indonesia 2015*. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistik Indonesia 2017*. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- [BPS Jateng] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. 2017. *Statistik Pertanian Hortikultura Provinsi Jawa Tengah 2014–2016*. Semarang (ID): Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah.
- Bholowalia P dan Kumar A. 2014. EBK-Means: a clustering technique based on elbow method and k-means in WSN. *International Journal of Computer Applications* [internet]. [diunduh 2018 Nov 11]; 105(9): 17–24. Tersedia pada: <https://pdfs.semanticscholar.org/5771/aa21b2e151f3d93ba0a5f12d023a0bfcf28b.pdf>
- Fandeli C, Utami RN, dan Nurmansyah S. 2008. *Audit Lingkungan*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Christiani C, Tedjo P, dan Martono B. 2014. Analisis dampak kepadatan penduduk terhadap kualitas hidup masyarakat Provinsi Jawa Tengah. *Serat Acitya* [internet]. [diunduh 2018 Sep 7]; 3(1): 102–114. Tersedia pada: <http://jurnal.untagsmg.ac.id/index.php/sa/article/view/125/182>
- Han J, Micheline K, dan Pei J. 2011. *Data Mining: Concepts and Techniques*. Edisi ke-3. Waltham, MA (US): Morgan Kaufmann Publishers.
- Hastie T, Tibshirani R, dan Friedman J. 2008. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Stanford, CA (US): Springer.
- Irawan B. 2012. Agribisnis hortikultura: peluang dan tantangan dalam era perdagangan bebas. *Jurnal Sosial-Ekonomi Pertanian dan Agribisnis* [Internet]. [diunduh 2018 Nov 9]; 3(2). Tersedia pada: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/soca/article/view/4029/3018>
- Kaufman L dan Rousseeuw PJ. 1987. *Clustering by Means of Medoids, in Statistical Data Analysis Based on the  $L_1$ -Norm and Related Methods*. Amsterdam (NL): Elsevier.
- Kaufman L dan Rousseeuw PJ. 2005. *Finding Group in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. Hoboken, NJ (US): John Wiley & Sons, Inc.



- [KemenLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2001. Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 52/Kpts-II/2001. Jakarta (ID): Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Muljadi D dan Soepraptohardjo M. 1975. Masalah data luas dan penyebaran tanah-tanah kritis. *Simposium Pencegahan dan Pemulihan Tanah Kritis dalam Rangka Pengembangan Wilayah*; 1975; Jakarta, Indonesia.
- Shry CL Jr dan Reily HE. 2017. *Introductory Horticulture*. Ed ke-9. Stamford, CT (US): Cengage Learning.