

PENERAPAN METODE *K-MEANS CLUSTERING* PADA PEMETAAN LAHAN KOPI DI KABUPATEN MALANG

Dimas Alif Fajar Fadhillah, Ahmad Faisol, Nurlaily Vandyansyah
Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia
dimasaff4@gmail.com

ABSTRAK

Hasil survey yang dilakukan oleh International Coffee Organization (ICO) pada tahun 2017, menunjukkan Indonesia merupakan negara agraris dengan komoditas kopi terbesar keempat di dunia. Peran komoditas kopi di Indonesia cukup penting, baik sebagai sumber pendapatan bagi petani kopi, sumber devisa, penghasil bahan baku industri, maupun penyedia lapangan kerja melalui kegiatan pengolahan, pemasaran, dan perdagangan. Salah satu faktor penting dalam memproduksi tanaman pangan adalah lahan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pemetaan lahan tanaman kopi di Kabupaten Malang. Hal ini dilatarbelakangi dengan informasi pemetaan lahan tanaman kopi di Kabupaten Malang yang masih dikelompokkan dengan cara manual berdasarkan tahun, luas lahan, serta produksi per tahunnya. Metode pada penelitian ini menggunakan *k-means clustering* menggunakan data yang didapat dari Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan Kabupaten Malang dengan *cluster* rendah, sedang, dan tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masih banyak daerah di Kabupaten Malang dengan tingkat produksi tanaman kopi yang rendah. Hal ini ditunjukkan dengan hasil produksi tanaman kopi pada 33 Kecamatan pada setiap tahunnya, dengan total 99 data didapatkan hasil *clustering* dengan jumlah C1 (Rendah) = 26 data (2018), 24 data (2019), 24 data (2020), C2 (Sedang) = 3 data (2018), 5 data (2019), 4 data (2020), C3 (Tinggi) = 4 data (2018), 4 data (2019), 5 data (2020).

Kata kunci : *K-Means, Clustering, Pemetaan Lahan, Tanaman Kopi, Sistem Informasi Geografis, Leaflet*

1. PENDAHULUAN

Salah satu faktor penting dalam produksi tanaman pangan yaitu lahan. Lahan pertanian dan perkebunan merupakan sumber ekonomi yang sangat berpengaruh bagi masyarakat. Pemetaan lahan pertanian sangat dibutuhkan agar masyarakat lebih mudah dalam melakukan pengelolaan lahan. Salah satu tanaman pangan yang membutuhkan pemetaan lahan yaitu tanaman kopi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemetaan lahan tanaman kopi di Kabupaten Malang. Hal ini dilatarbelakangi dengan informasi pemetaan lahan tanaman kopi di Kabupaten Malang yang masih dikelompokkan dengan cara manual berdasarkan tahun, luas lahan, serta produksi per tahunnya. Metode pada penelitian ini menggunakan *k-means clustering* menggunakan data yang didapat dari Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan Kabupaten Malang dengan *cluster* rendah, sedang, dan tinggi.

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu, bagaimana cara untuk memetakan lahan kopi di Kabupaten Malang menggunakan metode *k-means*, serta bagaimana cara mengimplementasikan metode *k-means* ke dalam sebuah *website* untuk pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang. Sebuah penelitian memiliki tujuan akhir, pengerjaan penelitian ini memiliki beberapa tujuan yaitu, Mengembangkan sistem informasi geografis pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang berbasis *website*. GIS pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang dibuat menggunakan *leaflet*, *website* menggunakan

pemrograman *php* dan *framework codeigniter*. Database menggunakan *mysql*. GIS pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang menggunakan metode *K-Means* dengan 3 *cluster* yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Sesuai dengan 2 kriteria yaitu, luas lahan, dan produksi.

Penelitian juga memiliki batasan masalah, beberapa batasan masalah yang ada pada penelitian ini yaitu, hanya membahas tentang pengembangan sistem informasi geografis pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang, metode penelitian yang digunakan untuk pembuatan sistem pemetaan lahan kopi merupakan metode *K-Means*, daerah yang dilakukan pemetaan hanya terbatas pada Kabupaten Malang saja, hanya dapat dijalankan di *platform website* saja, sistem hanya dapat dijalankan pada sistem operasi *windows*, serta data didapatkan dari *website* malangkab.bps.go.id dan Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan, data yang digunakan data dari tahun 2018-2020

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

SIG (Sistem Informasi Geografis) atau dikenal pula dengan GIS (Geographical Information System) adalah istilah dalam bidang pemetaan mengenai bagaimana suatu sistem dapat menghubungkan objek geografis dengan informasinya [4].

Pada penelitian terkait yang berjudul "Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Menentukan Lahan Singkong Yang Baik Menggunakan Metode

K-Means”, [5]. Tujuan penelitian ini yaitu, menentukan lahan yang cocok untuk penanaman singkong pada Kec. Pakong, Madura. Untuk dapat melakukan penilaian dengan tepat, diperlukan pengetahuan yang tepat dengan criteria yang digunakan. Pada penghitungan *clustering* algoritma *k-means* pada hasil pengujian diketahui bahwa daerah yang tidak cocok untuk ditanami singkong adalah Sana Laok, Dempo Timur, Proppo, dan Pasean. Sedangkan lahan yang cocok untuk ditanami singkong adalah Batu Marmar, Trasadak, Pakong, Pamoroh, Bengkes dan Kadur.

Menurut [3], pada penelitian yang berjudul “Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lahan Pertanian Bawang Merah Dengan Metode *K-Means Clustering* Berbasis *Website* (Studi Kasus di Kabupaten Nganjuk)”, Algoritma *K-Means* digunakan untuk mengelompokkan suatu data.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Informasi Geografis

SIG (Sistem Informasi Geografis) juga dikenal dengan istilah GIS (Geographical Information System) merupakan suatu sistem informasi dalam bidang pemetaan mengenai bagaimana suatu sistem dapat menghubungkan objek geografis dengan informasinya [5]. GIS merupakan kajian ilmu dan teknologi yang terhitung baru, GIS berkembang dengan begitu cepat hingga saat ini. Berdasarkan definisi yang ada, GIS secara umum adalah sistem informasi yang digunakan untuk mengolah, menganalisa dan menghasilkan data bereferensi geografi untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengolahan data.

2.2.2 Pemetaan

Pemetaan merupakan pengelompokkan suatu kumpulan wilayah yang berkaitan dengan beberapa letak geografis wilayah yang meliputi dataran tinggi, pegunungan, sumber daya alam, serta penduduk yang berpengaruh terhadap sosial dan kebudayaan yang memiliki ciri khas khusus dalam penggunaan skala yang tepat [1].

2.2.3 Leaflet

Leaflet merupakan *Open source javascript library* untuk membuat peta yang interaktif serta memiliki banyak fitur dalam pembuatan peta. Leaflet dibuat agar dapat digunakan untuk banyak sistem baik dalam desktop 9 maupun mobile, yang dimana menggunakan HTML 5 dan CSS 3 pada web browser. *Leaflet* bertanggung jawab untuk merender layer raster dan vektor pada browser web. *Leaflet* adalah alternatif baru pembuatan peta online yang ringan, open source dan kompatibel baik pada desktop maupun mobile [6].

2.2.4 Lahan Tanaman Kopi

Pada penelitian berjudul “Budidaya Tanaman Perkebunan (Bagian Tanaman Kopi)”, kopi sebagai minuman yang memenuhi kebutuhan bagi sebagian besar orang. Dalam era penjajahan, orang Eropa banyak memikirkan upaya untuk memenuhi kebutuhan hidup pada era penjajahan. Sampai saat ini, kopi menjadi penting dan banyak dimanfaatkan tidak hanya oleh orang Eropa saja namun juga pada negara-negara yang memproduksi kopi itu sendiri.

2.2.5 Kabupaten Malang

Berdasarkan *website* Badan Pemeriksa Keuangan Jawa Timur, Kabupaten Malang merupakan salah satu Kabupaten di Indonesia yang terletak di Provinsi Jawa Timur dan merupakan Kabupaten kedua yang terluas wilayahnya setelah Kabupaten Banyuwangi dari 38 kabupaten/kota yang ada di Jawa Timur. Hal ini didukung dengan luas wilayahnya 3.534,86 km² atau sama dengan 353.486 ha dan jumlah penduduknya 2.446.218 jiwa (tahun 2010). Kabupaten Malang juga dikenal sebagai daerah yang kaya akan potensi diantaranya dari pertanian, perkebunan, tanaman obat dan lain sebagainya. Kabupaten Malang juga dikenal dengan objek-objek wisatanya yang begitu banyak dan hampir ada di setiap wilayah.

Kabupaten Malang terletak pada 112°17'10,90" sampai 112°57'00" Bujur Timur, 7°44'55,11" sampai 8°26'35,45" Lintang Selatan. Secara administratif, Kabupaten Malang terbagi menjadi 33 kecamatan, yang dibagi lagi menjadi sejumlah desa dan kelurahan. Pusat pemerintahan di Kecamatan Kepanjen. Pusat pemerintahan sebelumnya berada di Kota Malang. Kota Batu dahulu bagian dari Kabupaten Malang, sejak tahun 2001 memisahkan diri setelah ditetapkan menjadi kota. Bersama dengan Kota Batu dan Kota Malang, Kabupaten Malang merupakan bagian dari kesatuan wilayah yang dikenal dengan Malang Raya. Kabupaten Malang berbatasan langsung dengan Kota Malang dan Kota Batu tepat di tengah-tengahnya.

2.2.6 Potensi Kopi Kabupaten Malang

Pada saat ini komoditas perkebunan yang banyak dicari salah satunya yaitu komoditas kopi, dikarenakan cukup berpengaruh dalam penambahan devisa non migas di Indonesia. Kabupaten Malang merupakan salah satu daerah penghasil kopi terbesar ketiga di Jawa Timur [8]. Komoditas kopi sendiri merupakan komoditas yang menyumbang PDRB ekspor non migas terbesar untuk Kabupaten Malang, kuota ekspor kopi di Kabupaten Malang pada tahun 2018 adalah sebesar 66.292 Ton dengan nilai ekspor sebesar US\$ 131.113.756,83 jumlah ini mengalami peningkatan sebesar 11 % dari tahun 2017 yang hanya sebesar 59.104 Ton dengan nilai ekspor US\$ 129.266.002,35 [8]. Karena tingginya permintaan kopi di Kabupaten Malang baik dari ekspor maupun

impur yang tidak dapat diimbangi dengan produktivitas tanaman kopi di Kabupten Malang, sehingga Kabupten Malang harus mengimpor kopi dari daerah lain maupun luar negeri.

2.2.7 Data Mining

Data mining adalah proses mencari pola atau informasi menarik dalam data terpilih dengan menggunakan teknik atau metode tertentu [2]. Teknik, metode, atau algoritma dalam data mining sangatlah bervariasi. Pemilihan algoritma yang tepat sangat bergantung pada tujuan dan proses *Knowledge Discovery in Database (KDD)* secara keseluruhan. Data mining adalah proses yang menggunakan kemampuan statistik, matematika, kecerdasan buatan, dan machine learning untuk mengidentifikasi dan mengolah informasi.

2.2.8 Clustering

Pengertian clustering keilmuan dalam data mining adalah pengelompokan sejumlah data atau objek ke dalam cluster (group) sehingga setiap dalam cluster tersebut akan berisi data yang semirip mungkin dan berbeda dengan objek dalam cluster yang lainnya [5]. Sampai saat ini, para ilmuwan masih terus melakukan berbagai usaha untuk melakukan perbaikan model cluster dan menghitung jumlah cluster yang optimal sehingga dapat dihasilkan cluster yang paling baik [8].

2.2.9 Hierarchical Clustering

Hierarchical clustering adalah metode pengelompokan data ke dalam bentuk pohon hirarki yang disebut dendrogram. *Hierarchical clustering* membentuk cluster *root node* sebagai cluster setiap data. Ada dua cara untuk membentuk hierarchical clustering yaitu *divisive* dan *agglomerative* [9].

2.2.10 Metode K-Means

Algoritma K-Means merupakan salah satu algoritma dengan partitional, karena K-Means didasarkan pada penentuan jumlah awal kelompok dengan mendefinisikan nilai centroid awalnya. Proses yang digunakan oleh algoritma *K-Means* merupakan proses berulang untuk mendapatkan sebuah basis data sebuah *cluster*. Dibutuhkan jumlah cluster awal yang diinginkan sebagai masukan dan menghasilkan jumlah cluster akhir sebagai output [10].

Data *clustering* menggunakan metode *K-Means* ini secara umum dilakukan dengan algoritma sebagai berikut :

1. Tentukan jumlah *cluster*
2. Alokasikan data ke dalam *cluster* secara *random*
3. Hitung *centroid* / rata-rata dari data yang ada di masing-masing cluster dengan rumus pada persamaan 2.1.

$$d(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2} \text{ Persamaan 2.1}$$

[4].

Keterangan :

$d(x,y)$ adalah Euclidean Distance

x_1 merupakan koordinat object

y_1 merupakan koordinat centroid

x_2 merupakan koordinat object

y_2 merupakan koordinat centroid

x_n merupakan koordinat object

y_n merupakan koordinat centroid

4. Alokasikan masing-masing data ke *centroid* / rata-rata terdekat.
5. Apabila masih ada data yang berpindah *cluster* dan nilai dari *centroid* masih berubah kita harus melakukan pengulangan perhitungan dari step 3.

2.2.11 Website

Website merupakan sekumpulan halaman yang berisi informasi dalam bentuk digital baik berupa text, foto, gambar, maupun video yang terintegrasi dan tersedia melalui jalur koneksi internet [11].

2.2.12 PHP

PHP (Perl Hypertext Preprocessor) adalah proses penerjemahan baris kode sumber yang diubah menjadi kode mesin yang dimengerti oleh komputer. Seluruh proses yang PHP jalankan ada pada *server* tidak pada *client*. Bahasa pemrograman PHP merupakan bahasa yang *open source* sehingga pengguna dapat mengembangkan sesuai dengan kebutuhannya [12].

2.2.13 HTML

HTML merupakan bahasa standar yang paling umum digunakan pada dokumen web sebagai bahasa untuk pertukaran dokumen antar web. Struktur dokumen HTML terdiri dari tag pembuka dan tag penutup. HTML versi 1.0 dibangun oleh W3C, dan terus mengalami perkembangan. Sampai saat ini HTML terakhir adalah versi 5.0 [11].

2.2.14 Javascript

JavaScript merupakan bahasa pemrograman yang berbentuk kumpulan script, dan berjalan pada suatu dokumen HTML. Salah satu fungsi dari JavaScript adalah dapat menyempurnakan tampilan dan sistem pada halaman web-based application yang dikembangkan. Adapun karakteristik dari bahasa pemrograman JavaScript adalah :

1. Bahasa pemrograman berjenis *high-level programming*.
2. Bersifat *client-side*.
3. Berorientasi pada objek.
4. Bersifat *loosely typed*.

Beberapa aplikasi yang biasanya digunakan dalam penggunaan bahasa pemrograman JavaScript

adalah, software text-editor: seperti Notepad++, Adobe Dreamweaver dan NetBeans, Web browser, seperti: Mozilla Firefox, Google Chrome, Internet Explorer, OperaMini, Safari, dan lain sebagainya. Kelemahan dari bahasa pemrograman *JavaScript* ini yaitu *JavaScript* tidak di support oleh browser versi lama sehingga untuk menggunakannya kita harus melakukan update *browser* ke versi yang terbaru [13].

2.2.15 CSS

CSS (*Cascading Style Sheets*) adalah standar teknologi pengembangan dalam pengaturan halaman web untuk menambahkan *style* seperti font, warna, jarak dan lainnya ke dalam dokumen *website* [14].

2.2.16 Code Igniter 3

CodeIgniter adalah *framework* yang dibuat dalam bahasa PHP, yang dapat digunakan untuk pengembangan web yang cepat. *Framework* itu sendiri dapat dipahami sebagai struktur perpustakaan, kelas, dan infrastruktur *runtime* yang dapat digunakan programmer untuk mengembangkan aplikasi web dengan efektif dan efisien. Tujuan penggunaan *framework* adalah untuk memungkinkan pengembang web mengembangkan aplikasi web dengan cepat tanpa mengorbankan fleksibilitas [15].

2.2.17 MySQL

MySQL merupakan sebuah database manajemen system (DBMS) populer yang memiliki fungsi sebagai relasi database manajemen system (RDBMS). Selain itu MySQL merupakan aplikasi yang sifatnya *open source* serta basis data MySQL memiliki kinerja yang cepat, reliable, dan mudah untuk digunakan serta bekerja dengan arsitektur *client server* atau *embedded systems* [16].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Analisis

3.1.1 Kebutuhan Fungsional

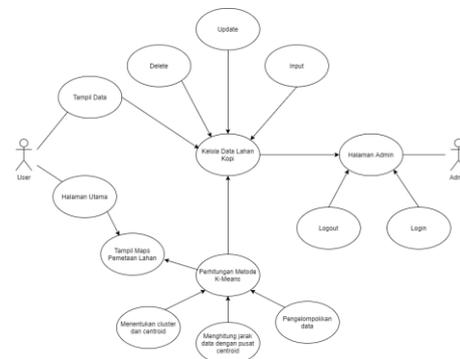
Adapun kebutuhan fungsional pada Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lahan Kopi di Kabupaten Malang Berbasis Website ini, yaitu :

1. *Website* dapat menampilkan pemetaan lahan tanaman kopi di Kabupaten Malang dengan *cluster* rendah, sedang, dan tinggi.
2. Sistem dapat melakukan pengelolaan data lahan kopi di Kabupaten Malang yang terdiri dari luas lahan, dan produksi.
3. Sistem dapat memberi layanan login dan logout untuk hak akses admin.
4. *Website* dapat menampilkan data Kecamatan di Kabupaten Malang.

3.2 Perancangan Sistem

3.2.1 Use Case Diagram

Sesuai dengan Gambar 1. *use case diagram*, actor user bisa melihat tampilan hasil maps pemetaan lahan dan data kecamatan yang ada. Sedangkan pada actor admin ia harus melakukan login terlebih dahulu untuk dapat mengelola data untuk *input*, *update*, dan *delete*. Data yang dikelola nantinya akan ditampilkan pada halaman data kecamatan dan halaman tampilan maps. Untuk perhitungan metode *K-Means* hal yang dilakukan terlebih dahulu yaitu menentukan *cluster* dan *centroid* sebagai pusat, setelah *cluster* dan *centroid* sudah ditentukan dilakukan perhitungan jarak data dengan pusat *centroid* setelah hasil didapat dilakukan pengelompokan data, hasil dari data tersebut akan ditampilkan pada halaman maps.



Gambar 1. Use Case Diagram Pemetaan Lahan Kopi

3.2.2 Database

1. Tabel Admin

Tabel admin berisikan field id, username, password. Pada tabel ini admin dapat input dan mengubah data. Tabel admin ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Tabel Admin

Field	Jenis	Keterangan
id_admin	int(12)	Id admin
username	varchar(255)	Username Admin
Password	varchar(255)	Password Admin

2. Tabel Pemetaan

Tabel Pemetaan berisikan data pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang yang akan diinput pada database. Berikut tabel pemetaan lahan kopi yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Pemetaan

Field	Jenis	Keterangan
id_produksi	int (12)	Id produksi
kecamatan	varchar (255)	Nama Kecamatan

Data yang dihitung adalah data luas lahan dan data produksi pada setiap kecamatan di Kabupaten Malang.

5. Perhitungan Literasi Kedua

Tabel 6. Hasil Perhitungan Literasi Kedua

Cluster	Luas Lahan (ha)	Produksi (ton)
C1	115,21	70,34
C2	2683,13	1898,61
C3	794,00	500,79

Setelah nilai *centroid* diketahui, dilakukan perhitungan jarak data dengan nilai *centroid* baru menggunakan rumus jarak *eucliden* pada persamaan (2.1). Apabila *cluster* mengalami perubahan maka dilakukan penghitungan literasi sampai data tidak berpindah *cluster*, begitu juga dengan perubahan nilai *centroid*, maka akan terus dilakukan penghitungan literasi sampai nilai *centroid* tidak berubah.

6. Hasil perhitungan literasi kedua

Tabel 7. Hasil Clustering perhitungan literasi kedua

Tahun	Kecamatan	C1	C2	C3
2018	Donomulyo	√		
2018	Kalipare	√		
2018	Pagak	√		
2018	Bantur	√		
2018	Gedangan	√		
2018	Sumbermanjing			√
2018	Dampit			√
2018	Tirtoyudo			√
2018	Ampelgading			√
2018	Poncokusumo	√		√
2018	Wajak	√		
2018	Turen	√		
2018	Bululawang	√		
2018	Gondanglegi	√		
2018	Pagelaran	√		
2018	Kepanjen	√		
2018	Sumberpucung	√		
2018	Kromengan	√		
2018	Ngajum		√	
2018	Wonosari	√		
2018	Wagir	√		
2018	Pakisaji	√		
2018	Tajinan	√		
2018	Tumpang	√		
2018	Pakis	√		
2018	Jabung		√	
2018	Lawang	√		
2018	Singosari	√		
2018	Karangploso	√		
2018	Dau	√		
2018	Pujon	√		
2018	Ngantang		√	
2018	Kasembon	√		

Tahun	Kecamatan	C1	C2	C3
:				
2020	Kasembon	√		

4. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Tampilan Software

4.1.1 Halaman Landing Page

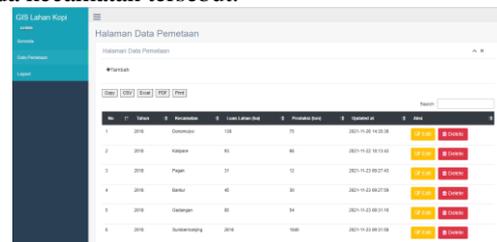


Gambar 1. Halaman Landing Page

Berdasarkan Gambar 1. yang merupakan halaman landing page, dimana halaman ini merupakan halaman awal dari Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lahan Kopi Kabupaten Malang.

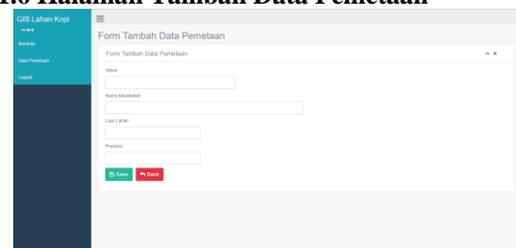
4.1.5 Halaman Data Pemetaan

Pada Gambar 4. yang merupakan halaman data pemetaan kita ditampilkan data dari kecamatan pada Kabupaten Malang serta luas lahan, dan produksi pada kecamatan tersebut.



Gambar 4. Halaman Data Pemetaan

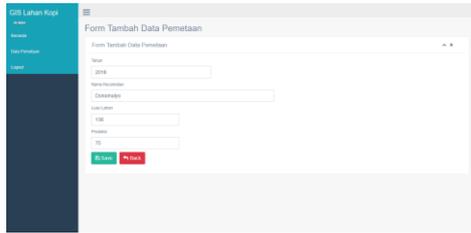
4.1.6 Halaman Tambah Data Pemetaan



Gambar 5. Halaman Tambah Data Pemetaan

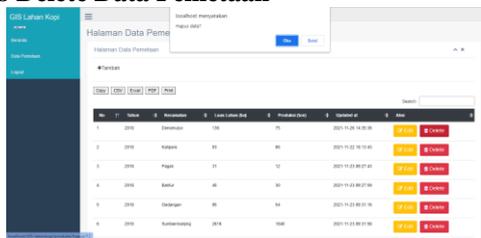
Pada Gambar 5. yang merupakan halaman tambah data pemetaan kita dapat menambahkan data sesuai dengan *field* yang telah disediakan yaitu, kecamatan, tahun, luas lahan, dan produksi.

4.1.7 Halaman Edit Data Pemetaan



Gambar 6. Halaman Edit Data Pemetaan
 Pada Gambar 6. yang merupakan halaman edit data lahan kita dapat melakukan perubahan data sesuai dengan kecamatan yang ada.

4.1.8 Delete Data Pemetaan

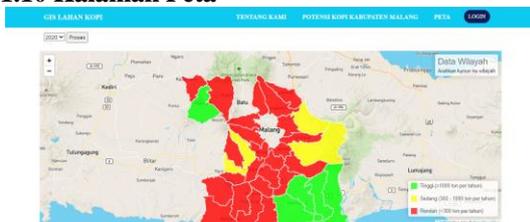


Gambar 7. Delete Data Pemetaan
 Gambar 7. merupakan aksi yang dapat dilakukan setelah kita menekan *button* delete pada sisi kanan tabel data.

4.1.9 Halaman Potensi Kopi Kabupaten Malang

Gambar 8. Halaman Potensi Kopi Kabupaten Malang
 Halaman Potensi Kopi yang ditunjukkan pada Gambar 8., menampilkan data setiap Kecamatan pada Kabupaten Malang, setiap data menampilkan *field* kecamatan, tahun, luas lahan, dan produksi.

4.1.10 Halaman Peta



Gambar 9. Halaman Peta
 Halaman Peta yang ditunjukkan pada Gambar 9, menampilkan peta dari Kabupaten Malang. Setiap Kecamatan memiliki keterangan warna sebagai penunjuk dari *cluster* yang digunakan (rendah,

sedang, dan tinggi). Merah sebagai *cluster* rendah, kuning sebagai *cluster* sedang, hijau sebagai *cluster* tinggi. Warna yang ditampilkan di peta merupakan hasil dari penghitungan metode *k-means clustering*.

4.2 Pengujian Sistem

4.2.1 Pengujian Fungsional Black Box

Pengujian metode black box bertujuan untuk mengamati hasil dari aplikasi saat program dijalankan, untuk menguji fungsi sistem sesuai dengan perancangan. Hasil pengujian metode black box dapat dilihat pada Tabel 8 .

Tabel 8. Hasil Pengujian fungsional Black Box

No	Sistem Yang Diuji	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Halaman Utama	Sistem menampilkan halaman landingpage atau halaman utama	Sesuai	Berhasil
2	Halaman About	Sistem menampilkan halaman about yang berisi informasi tentang SIG dan Kabupaten Malang	Sesuai	Berhasil
3	Halaman Data	Halaman menampilkan data Kecamatan serta keterangan field lain di Kabupaten Malang	Sesuai	Berhasil
4	Halaman Maps	Menampilkan peta hasil dari clustering pada tiap Kecamatan di Kabupaten Malang	Sesuai	Berhasil
5	Halaman Login	Menampilkan halaman form login	Sesuai	Berhasil
6	Login dengan akun admin	Sistem menampilkan pesan login sukses dan diarahkan pada halaman admin	Sesuai	Berhasil
7	Login dengan akun yang tidak terdaftar	Sistem menampilkan pesan error "username atau password tidak terdaftar"	Sesuai	Berhasil
8	Halaman Beranda Admin	Sistem menampilkan halaman beranda admin dengan pesan "Selamat Datang Admin"	Sesuai	Berhasil
9	Halaman Data Pemetaan	Sistem menampilkan halaman data pemetaan dengan field tahun, kecamatan, luas lahan, dan produksi serta button aksi untuk melakukan pengolahan data	Sesuai	Berhasil
10	Halaman Tambah Data Pemetaan	Menampilkan halaman form tambah data yang nantinya data yang terinput masuk pada halaman data pemetaan	Sesuai	Berhasil
11	Halaman Ubah Data Pemetaan	Menampilkan halaman form edit data pemetaan	Sesuai	Berhasil

No	Sistem Yang Diuji	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
12	Hapus Data Pemetaan	Menampilkan notifikasi "Hapus Data ?"	Sesuai	Berhasil
13	Logout Akun Admin	Keluar dari halaman admin dan langsung diarahkan pada halaman landingpage	Sesuai	Berhasil

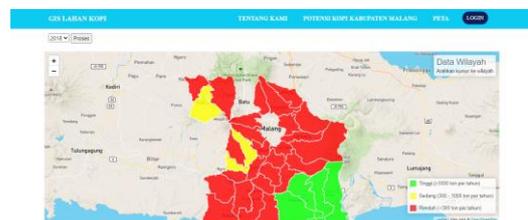
4.2.2 Pengujian Metode

Pengujian metode dilakukan dengan tujuan melihat keakuratan implementasi metode *k-means* pada penghitungan data Kecamatan yang ada pada Kabupaten Malang. Dengan total 33 data pada setiap tahunnya yang didapatkan dari Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan di Kabupaten Malang dikelompokkan menjadi 3 cluster yaitu, rendah (Merah), sedang (Kuning), dan tinggi (Hijau). Hasil pengujian perbandingan metode untuk pengujian manual dan pengujian sistem ditunjukkan pada Tabel 9. dan Gambar 10. .

Tabel 9. Hasil Perhitungan Manual

Tahun	Kecamatan	C1	C2	C3	Keterangan
2018	Donomulyo	√			Rendah
2018	Kalipare	√			Rendah
2018	Pagak	√			Rendah
2018	Bantur	√			Rendah
2018	Gedangan	√			Rendah
2018	Sumbermanjing Wetan			√	Tinggi
2018	Dampit			√	Tinggi
2018	Tirtoyudo			√	Tinggi
2018	Ampelgading			√	Tinggi
2018	Poncokusumo	√			Rendah
2018	Wajak	√			Rendah
2018	Turen	√			Rendah
2018	Bululawang	√			Rendah
2018	Gondanglegi	√			Rendah
2018	Pagelaran	√			Rendah
2018	Kepanjen	√			Rendah
2018	Sumberpucung	√			Rendah
2018	Kromengan	√			Rendah
2018	Ngajum		√		Sedang
2018	Wonosari	√			Rendah
2018	Wagir	√			Rendah
2018	Pakisaji	√			Rendah
2018	Tajinan	√			Rendah
2018	Tumpang	√			Rendah
2018	Pakis	√			Rendah

Tahun	Kecamatan	C1	C2	C3	Keterangan
2018	Jabung		√		Sedang
2018	Lawang	√			Rendah
2018	Singosari	√			Rendah
2018	Karangploso	√			Rendah
2018	Dau	√			Rendah
2018	Pujon	√			Rendah
2018	Ngantang		√		Sedang
2018	Kasembon	√			Rendah
:					
2020	Kasembon	√			Rendah



Gambar 10. Hasil Clustering Sistem

Hasil perbandingan pengujian metode secara manual dengan pengujian pada sistem menunjukkan hasil yang sama, maka dengan digunakannya metode *k-means* pada Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lahan Kopi di Kabupaten Malang sudah tepat.

4.2.3 Pengujian User

Untuk mengetahui respon pengguna terhadap aplikasi yang telah dibuat oleh penulis, maka penulis mengajukan 6 pertanyaan kepada 10 orang responden. Pada pengujian kepuasan pengguna diambil hasil bahwa dari 10 reponden yang telah diberi kuisioner memberikan nilai yang ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian User

No	Pertanyaan	Penilaian				
		SK B	K B	C B	B	SB
1	Bagaimana tampilan awal web pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang ?	-	1	5	4	-
2	Bagaimana tampilan peta pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang ?	-	-	3	6	1
3	Apakah informasi pada website pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang mudah dimengerti ?	-	-	4	4	2
4	Apakah font, warna, dan teks pada website pemetaan lahan kopi sudah terlihat jelas ?	-	3	4	2	1

5	Apakah informasi yang tertara pada website berguna untuk banyak orang ?	-	2	2	5	1
Total Respon		0	6	18	21	5

Keterangan :

SKB : Sangat Kurang Bagus

KB : Kurang Bagus

CB : Cukup Bagus

B : Bagus

SB : Sangat Bagus

Dari hasil pengujian user disimpulkan bahwa, pertanyaan mengenai fitur dalam aplikasi, jumlah pemilihan dalam uji kurang bagus sebanyak 6 respon, cukup bagus sebanyak 18 respon, bagus 21 respon, dan sangat bagus 5 respon. Jika dipresentasikan Kurang Bagus 12%, Cukup Bagus 36%, Bagus 42%, dan Sangat Bagus 10%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengerjaan Penerapan Metode *K-Means Clustering* Pada Pemetaan Lahan Kopi di Kabupaten Malang, maka penulis menarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Implementasi metode *k-means clustering* dengan penentuan pemetaan lahan yang dibagi menjadi 3 *cluster* dimana penghitungan memiliki rentang nilai pada setiap *clusternya*, dengan memilih secara acak sebuah data sebagai pusat *cluster* yang digunakan untuk menghitung pendekatan nilai sebuah data dengan pusat data. *Cluster* rendah memiliki rentang nilai kurang dari 300, sedang memiliki rentang nilai dari 300 sampai 1000, dan tinggi memiliki rentang nilai diatas 1000.
2. Hasil produksi tanaman kopi pada 33 Kecamatan pada setiap tahunnya, dengan total 99 data didapatkan hasil *clustering* dengan jumlah C1 (Rendah) = 26 data (2018), 24 data (2019), 24 data (2020) , C2 (Sedang) = 3 data (2018), 5 data (2019), 4 data (2020) , C3 (Tinggi) = 4 data (2018), 4 data (2019), 5 data (2020) .
3. Dari pengujian *user* dengan pertanyaan mengenai fitur dalam aplikasi, jumlah pemilihan dalam uji kurang bagus sebanyak 6 respon, cukup bagus sebanyak 18 respon, bagus 21 respon, dan sangat bagus 5 respon. Jika dipresentasikan Kurang Bagus 12%, Cukup Bagus 36%, Bagus 42%, dan Sangat Bagus 10%.
4. Berdasarkan pengujian *black box*, sistem informasi geografis pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang menunjukkan hasil 100% sistem dapat berjalan pada *browser google chrome*, dan *mozilla firefox* .

5.2 Saran

Adapun saran yang perlu dikembangkan sehingga penelitian ini lebih baik lagi dan menjadi lebih berkembang agar user mudah untuk menggunakannya.

1. Penambahan metode lain agar hasil perhitungan dan pengelompokkan data dapat lebih akurat.
2. Menambahkan lingkup penelitian tidak hanya pada daerah Kabupaten Malang saja.
3. *Website* dikembangkan pada *platform mobile*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Kharistiani and E. Aribowo, "Sistem Informasi Geografis SMA/SMK Berbasis Web (Studi Kasus Kabupaten Kebumen)," *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, pp. 41-49, 2013.
- [2] Y. Mardi, "Data Mining : Klasifikasi Menggunakan Algoritma C4.5," *Jurnal Edik Informatika*, pp. 213-219, 2019.
- [3] M. Z. H. Barir, A. I. Agung and C. Mashuri, "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lahan Pertanian Bawang Merah Dengan Metode K-Means Clustering Berbasis Website," *INOVATE*, pp. 40-47, 2019.
- [4] D. Alita, I. Tubagus, Y. Rahmanto, S. and A. Nurkholis, "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Wilayah Kelayakan Tanam Tanaman Jagung dan Singkong Pada Kabupaten Lampung Selatan," *Journal Social Science and Technology for Community Service (JSSTSCS)*, pp. 01-09, 2020.
- [5] D. Ruslan, M. and Y. Efenie, "Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Menentukan Lahan Singkong Yang Baik Menggunakan Metode K-Means," *Prosiding SEHATI*, pp. 605-612, 2015.
- [6] A. P. Santynawan, B. Sudarsono and H. S. Firdaus, "Perancangan Aplikasi Wisata dan City Tourism Berbasis WEBGIS Guna Meningkatkan Daya Saing Wisata Kota (Studi Kasus : Kota Semarang)," *Jurnal Geodesi Undip*, pp. 364-372, 2020.
- [7] M. F. H. Adi and Y. A. Susetyo, "Pemetaan Potensi Bencana di Jawa Tengah Menggunakan Google Maps API dan KML Dengan Metode K-Means," *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, pp. 43-51, 2018.
- [8] A. Bastian, H. Sujadi and G. Febrianto, "Penerapan Algoritma K-Means Clustering Pada Penyakit Menular Manusia (Studi Kasus Kabupaten Majalengka)," *Jurnal Sistem Informasi*, pp. 26-32, 2018.
- [9] T. Alfina, B. Santosa and A. R. Barakbah, "Analisa Perbandingan Metode Hierarchical Clustering, K-Means dan Gabungan Keduanya Dalam Cluster Data," *Jurnal Teknik ITS*, pp. 521-525, 2012.
- [10] S. Manalu, B. Nadeak and E. R. Siagian,

- "Penerapan Algoritma K-Means Untuk Penentuan Lahan Kritis," *Jurnal Riset Komputer*, pp. 208-214, 2018.
- [11] A. Josi, "Penerapan Metode Prototyping Dalam Pembangunan Website Desa (Studi Kasus Desa Sugihan Kecamatan Rambang)," *Jurnal Teknik Informatika*, pp. 50-57, 2017.
- [12] H. Hidayat, H. and S. , "Pengembangan Learning Management System (LMS) Untuk Bahasa Pemrograman PHP," *Jurnal Ilmiah Core IT*, pp. 20-29, 2017.
- [13] S. Mariko, "Aplikasi Website Berbasis HTML dan Javascript Untuk Menyelesaikan Fungsi Integral Pada Mata Kuliah Kalkulus," *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, pp. 80-91, 2019.
- [14] A. K. Rahmatika, F. Pradana and F. A. Bachtiar, "Pengembangan Sistem Pembelajaran HTML dan CSS Dengan Konsep Gamification Berbasis Web," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 2655-2663, 2020.
- [15] L. Afuan, "Pemanfaatan Framework Codeigniter Dalam Pengembangan Sistem Informasi Pendataan Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Unsoed," *JUITA*, pp. 39-44, 2010.
- [16] H. Yuliansyah, "Perancangan Replikasi Basis Data MySQL Dengan Mekanisme Pengamanan Menggunakan SSL Encryption," *Jurnal Informatika*, pp. 826-836, 2014.