

Pengembangan Prototype WebGIS Terintegrasi Analisis Multivariat untuk Mendukung Pemasaran Pariwisata Budaya

Rudi Rosadi^{1*}, Budi Nurani², Atje Setiawan Abdullah³, Rahmat Budiarto⁴

¹Matematika/FMIPA
Universitas Padjadjaran

^{1*}r.rosadi@unpad.ac.id (penulis
korespondensi)

²Matematika/FMIPA
Universitas Padjadjaran

²budi.nurani@unpad.ac.id

³Ilmu Komputer/FMIPA
Universitas Padjadjaran

³atje.setiawan@unpad.ac.id

⁴College of Computing and Information
Al-Baha University
⁴rahmat@bu.edu.sa

Abstrak— Pemasaran pariwisata budaya melibatkan berbagai faktor yang saling berkaitan, selain daya tarik wisata, juga ada faktor sosio-demografi, aksesibilitas, fasilitas dan media promosi. Kompleksitas hubungan antarvariabel tersebut memerlukan pendekatan analisis multivariat, sedangkan penyajian hasil analisis memerlukan media visualisasi spasial yang mudah dipahami oleh pengguna. Penelitian ini bertujuan mengembangkan prototype WebGIS yang mengintegrasikan analisis multivariat untuk mendukung pemasaran pariwisata budaya. Pengembangan sistem menggunakan metode Prototyping sebagai pendekatan pengembangan perangkat lunak yang meliputi tahapan *requirement analysis*, *quick design and modeling*, serta *construction*. Prototype dirancang untuk mengintegrasikan metode *Principal Component Analysis* (PCA), *Principal Component Regression* (PCR), dan *K-Means Clustering* sebagai fitur awal analisis utama. Sistem menyediakan fungsi pengelolaan data, pemrosesan analisis multivariat, serta visualisasi hasil analisis dalam bentuk peta interaktif berbasis WebGIS. Luaran penelitian pada tahap ini berupa prototype awal yang merepresentasikan kebutuhan fungsional sistem dan menjadi dasar untuk proses evaluasi serta penyempurnaan pada iterasi berikutnya. Pengembangan prototype ini diharapkan menjadi langkah awal dalam membangun sistem pendukung pemasaran pariwisata budaya yang mampu mengintegrasikan analisis statistik dan visualisasi spasial secara terpadu.

Kata kunci— WebGIS, Analisis Multivariat, Pariwisata Budaya, *Prototyping*, *Principal Component Analysis* (PCA), *Principal Component Regression* (PCR), *K-Means Clustering*.

Abstract— Cultural tourism marketing involves multiple interrelated factors, including not only tourism attractions but also socio-demographic characteristics, accessibility, supporting facilities, and promotional media. The complexity of the relationships among these variables necessitates the application of multivariate analysis, while the presentation of analytical results requires spatial visualization that is intuitive and accessible to users. This study aims to develop a WebGIS prototype that integrates multivariate analysis to support cultural tourism marketing. The system is developed using the Prototyping software development methodology, encompassing the stages of requirement analysis, quick design and modeling, and construction. The proposed prototype integrates Principal Component Analysis (PCA), Principal Component Regression (PCR), and K-Means Clustering as the primary analytical features. The system provides functionalities for data management, multivariate data processing, and visualization of analytical results through an interactive WebGIS-based mapping interface. At this stage, the research outcome is an initial prototype that represents the functional requirements of the system and serves as the foundation for subsequent evaluation and refinement in future development iterations. The development of this prototype is expected to provide an initial framework for building a decision-support system for cultural tourism marketing that seamlessly integrates statistical analysis with spatial visualization in a unified platform.

Keywords— WebGIS; Multivariate Analysis; Cultural Tourism; Prototyping; Principal Component Analysis (PCA); Principal Component Regression (PCR); K-Means Clustering.

I. PENDAHULUAN

Kemajuan kebudayaan menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung kesejahteraan masyarakat melalui pengembangan pariwisata budaya. Sejalan dengan *Indonesia Sustainable Development Goals (SDGs) Roadmap Towards 2030*, kebijakan nasional periode 2025–2030

menekankan peningkatan kualitas dan diversifikasi destinasi wisata. Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa pengembangan pariwisata budaya memerlukan partisipasi masyarakat berbasis nilai-nilai kearifan lokal [1].

Pariwisata budaya merupakan aset strategis yang berkontribusi terhadap peningkatan

pendapatan daerah melalui sektor pariwisata [2]. Berbagai penelitian telah memanfaatkan analisis multivariat untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi strategi pemasaran pariwisata budaya [3], [4]. Metode seperti *Exploratory Factor Analysis* (EFA) dan *Confirmatory Factor Analysis* (CFA) digunakan untuk menganalisis dimensi pengalaman, motivasi, serta partisipasi para pemangku kepentingan dalam mendukung promosi pariwisata budaya. Hubungan antarfaktor tersebut bersifat kompleks dan saling memengaruhi sehingga memerlukan pendekatan analisis multivariat untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif.

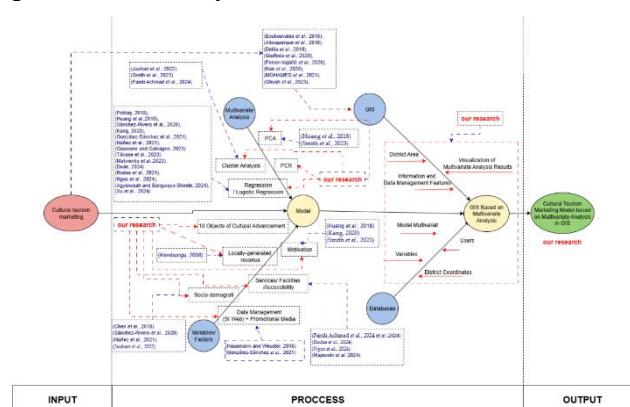
Beberapa peneliti lain yang berfokus pada analisis multivariat sebagai alat untuk mengidentifikasi hubungan antar faktor/variabel yang memengaruhi pemasaran pariwisata budaya meliputi: motivasi [5], [6], [7], layanan dan aksesibilitas [8], [9], [10], [11], faktor sosio-demografis [2], [12], [13], [14].

Selain analisis data, pemanfaatan teknologi informasi juga berperan penting dalam pengembangan strategi pemasaran pariwisata. Diantaranya penelitian menunjukkan bahwa *Geographic Information System* (GIS) mampu mendukung visualisasi dan analisis spasial dalam pengelolaan destinasi wisata secara berkelanjutan [15], [16], [17], [18]. Beberapa peneliti sebelumnya baik yang berfokus pada analisis multivariat maupun yang berfokus pada pemanfaatan teknologi informasi yaitu GIS telah diungkap dalam riset *systematic literature review* [7].

Analisis multivariat pada umumnya diterapkan untuk mengidentifikasi hubungan antar faktor yang memengaruhi pemasaran pariwisata budaya. Dalam konteks penelitian ini, beberapa artikel yang dipilih menggunakan metode regresi logistik untuk mengkaji hubungan tersebut serta menganalisis hasil yang dihasilkan dan menghasilkan hipotesis yaitu H_0 : “Integrasi model analisis multivariat dengan GIS tidak secara signifikan meningkatkan pemahaman spasial tentang distribusi niat kunjungan wisatawan, dan juga tidak mendukung perencanaan strategi pemasaran pariwisata budaya berkelanjutan”, dan H_1 : “Integrasi model

analisis multivariat dengan GIS menawarkan pemahaman spasial yang jauh lebih baik tentang distribusi niat kunjungan wisatawan dan mendukung pengembangan strategi pemasaran pariwisata budaya yang berkelanjutan”.

Pada penelitian [7] dihasilkan kerangka pemikiran yang ditunjukkan pada Gambar 1, yang mendeskripsikan penelitian yang berfokus terhadap beberapa variabel yang digunakan pada oleh peneliti sebelumnya pada model analisis multivariat dan beberapa peneliti yang berfokus dalam pengembangan GIS untuk pemasaran pariwisata budaya.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

Hasil analisis multivariat umumnya masih disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik statistik sehingga belum memberikan informasi spasial mengenai persebaran objek wisata. Padahal, aspek lokasi merupakan komponen penting dalam penyusunan strategi pemasaran pariwisata budaya. Integrasi antara analisis multivariat dengan *Web Geographic Information System* (WebGIS) memungkinkan hasil analisis divisualisasikan dalam bentuk peta interaktif sehingga memudahkan pengguna dalam memahami hubungan antara karakteristik destinasi dan distribusi wilayahnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan WebGIS yang terintegrasi dengan analisis multivariat sebagai media visualisasi spasial untuk mendukung pemasaran pariwisata budaya. Pengembangan sistem menggunakan metode *Prototyping* sehingga kebutuhan pengguna dapat diakomodasi melalui proses pengembangan yang bersifat iteratif. Sistem yang dihasilkan

diharapkan mampu menyajikan hasil analisis multivariat secara interaktif, meningkatkan kemudahan interpretasi data, serta mendukung pengambilan keputusan dalam penyusunan strategi pemasaran pariwisata budaya.

Kontribusi utama penelitian ini meliputi:

1. Integrasi analisis multivariat ke dalam WebGIS.
2. Visualisasi spasial hasil analisis multivariat.
3. Pengembangan aplikasi menggunakan metode Prototyping sehingga sistem dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pengembangan prototype WebGIS menggunakan metode *Prototyping* sebagai pendekatan pengembangan perangkat lunak. Tahapan pengembangan meliputi *requirement analysis*, *quick design and modeling*, *construction of prototype*, *deployment* dan *feedback* [8].

A. Requirement Analysis

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan sistem yang akan dikembangkan, kegiatan yang dilakukan pada tahap ini meliputi:

- a. Data
 1. Data potensi budaya, data fasilitas wisata/sarana termasuk infrastruktur.
 2. Data peta digital wilayah kecamatan dalam format (.shp) dan dikonversi ke format (.geojson)
- b. Perangkat lunak yang digunakan: Web Server Nginx1.30, Node.js 24.15.0, PHP 8.5.5, Framework Laravel 12, MySQL 8.046, VS Code 1.18.1, Python3.10.

B. Quick Desain and Modeling

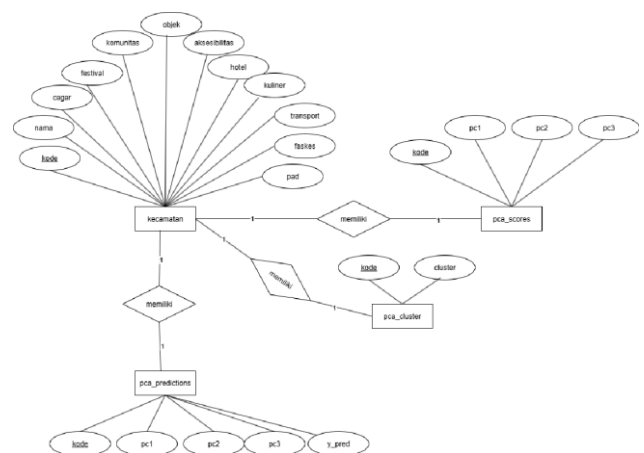
Tahap ini merupakan proses perancangan awal sistem secara sederhana untuk memberikan gambaran umum mengenai sistem yang akan dibangun, kegiatan yang dilakukan antara lain:

1. Fungsi utama sistem tahap awal, yaitu :
 - a. Menampilkan peta potensi pariwisata budaya per kecamatan.

- b. Menampilkan peta potensi pariwisata budaya per kecamatan, dihubungkan dengan hasil analisis multivariat seperti hasil *Principal Component Analysis* (PCA), *Principal Component Regression* (PCR), *K-Means Clustering*.

2. Merancang basis data awal:

Rancangan basis data digambarkan dengan *Entity Relationship Diagram* (ERD) yang ditunjukkan pada Gambar 2.



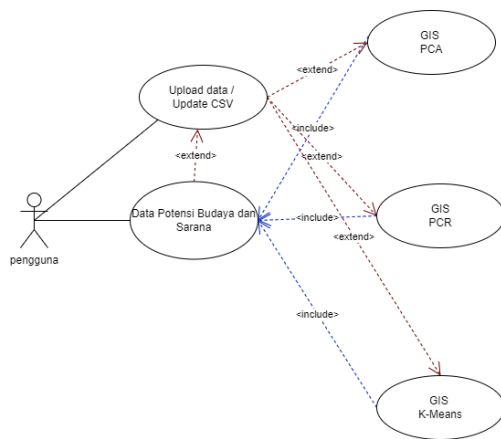
Gambar 2. ERD WebGIS Multivariat

3. Rancangan awal proses menggunakan *Unified Modeling language* (UML)

a. Use Case Diagram

Use case diagram pada Gambar 3 menunjukkan interaksi antara pengguna dan prototype WebGIS yang dikembangkan. Sistem mengintegrasikan tiga metode analisis multivariat, yaitu *Principal Component Analysis* (PCA), *Principal Component Regression* (PCR), dan *K-Means Clustering*, sebagai fitur utama dalam proses analisis data.

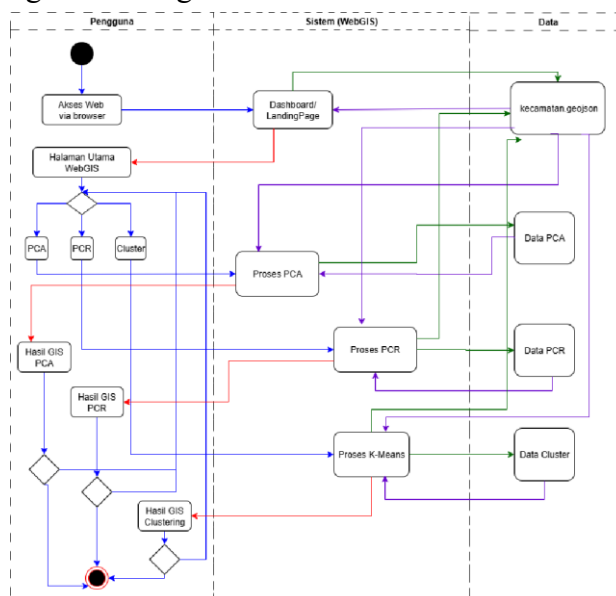
Diawali dengan melakukan input data atau import data potensi budaya dalam ekstensi file (.xlsx) atau (.csv) kedalam sistem, selanjutnya pengguna dapat melakukan pengelolaan data, menjalankan proses analisis multivariat, serta melihat hasil analisis yang disajikan dalam bentuk visualisasi spasial melalui.



Gambar 3. Use Case WebGIS Multivariat

b. Activity Diagram

Activity diagram pada Gambar 4 menggambarkan alur proses bisnis pada WebGIS yang dikembangkan.



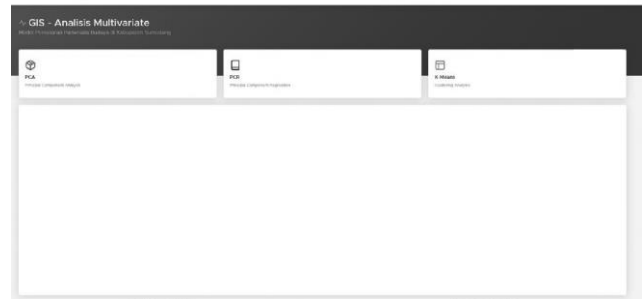
Gambar 4. Activity Diagram WebGIS Multivariat

Diagram ini menjelaskan urutan aktivitas yang melibatkan pengguna dan sistem, mulai dari akses web, pemrosesan analisis multivariat menggunakan metode PCA, PCR, dan K-Means, hingga penyajian hasil analisis dalam bentuk informasi spasial secara interaktif.

4. Rancangan awal Tampilan antar muka

Rancangan awal tampilan antarmuka halaman WebGIS untuk model multivariate yang ditunjukkan pada Gambar 5, terdiri dari 1 frame

utama, yang dapat menampilkan 4 aksi yaitu aksi halaman utama tentang informasi potensi tiap yang dimiliki tiap wilayah, kemudian aksi multivariat (PCA, PCR dan K-Means).



Gambar 5. Rancangan Tampilan Antarmuka WebGIS Multivariat

5. Contructions of Prototype

Pada tahap ini dilakukan pengembangan prototype sistem berdasarkan desain yang telah dibuat sebelumnya, kegiatan yang dilakukan antara lain:

- Implementasi fungsi dasar sistem GIS.
- Integrasi data spasial wilayah ke dalam sistem.
- Implementasi fitur visualisasi peta potensi pariwisata.
- Integrasi hasil analisis statistik seperti hasil PCA, PCR dan K-Means Clustering ke dalam sistem.

Prototype yang dihasilkan pada tahap ini belum merupakan sistem final, namun sudah dapat digunakan untuk menunjukkan fungsi utama sistem.

6. Deployment

Pada tahap ini prototype sistem mulai diuji coba oleh pengguna untuk melihat apakah sistem telah sesuai dengan kebutuhan, kegiatan yang dilakukan meliputi:

- Pengujian sistem secara fungsional.
- Demonstrasi sistem kepada pengguna.
- Uji coba penggunaan sistem oleh pengguna.
- Identifikasi kekurangan atau kesalahan pada sistem.
- Pengumpulan masukan dari pengguna.

7. Feedback

Tahap terakhir adalah penyempurnaan sistem berdasarkan hasil evaluasi pengguna. kegiatan yang dilakukan antara lain:

- Perbaikan fitur sistem berdasarkan masukan pengguna.
- Penyempurnaan tampilan sistem.
- Optimalisasi kinerja sistem.
- Dokumentasi sistem.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data potensi pariwisata budaya yang akan disimulasi terdiri dari sejumlah variabel yang menunjukkan potensi budaya dan sarana yang dimiliki suatu wilayah tingkat kecamatan di sebuah kabupaten/kota. Pada pembahasan ini disimulasikan untuk Kabupaten Sumedang yang memiliki 26 kecamatan, sedangkan untuk variabelnya ada 9 variabel. Tabel 1 menunjukkan struktur definisi variabel potensi budaya.

Tabel 1 Variabel Potensi Budaya

Nama Variabel	Keterangan	Tipe Variabel
y (PAD)	Total pendapatan daerah yang diperoleh dari sektor wisata budaya per kecamatan dalam satu tahun)	Numerik (Rasio)
x_1 (Cagar Budaya)	Banyaknya bangunan, situs, atau objek yang telah ditetapkan sebagai cagar budaya di suatu kecamatan	Numerik (Rasio)
x_2 (Jumlah Festival Budaya)	Jumlah kegiatan festival budaya yang diselenggarakan dalam satu tahun di kecamatan tersebut	Numerik (Rasio)
x_3 (Jumlah Komunitas Seni)	Banyaknya komunitas seni tradisional yang aktif di kecamatan	Numerik (Rasio)
x_4 (Jumlah Objek Wisata Budaya)	Jumlah lokasi wisata yang berkaitan dengan budaya lokal (museum, situs sejarah, kampung budaya)	Numerik (Rasio)
x_5 (Aksesibilitas Jalan)	Kemudahan akses jalan menuju lokasi wisata budaya, dihitung dari kondisi jalan dan jarak	Ordinal (Skor)
x_6 (Jumlah Hotel/Homestay)	Banyaknya fasilitas penginapan bagi wisatawan di kecamatan	Numerik (Rasio)
x_7 (Sarana Transportasi Wisata)	Ketersediaan sarana transportasi menuju lokasi wisata (angkutan umum, bus wisata, dll)	Ordinal (Skor)
x_8 (Sarana Kuliner Tradisional)	Jumlah tempat kuliner tradisional yang mendukung wisata budaya	Numerik (Rasio)
x_9 (Sarana Kesehatan)	Jumlah fasilitas kesehatan yang tersedia di kecamatan (puskesmas, klinik, RS)	Numerik (Rasio)

Data potensi budaya tiap kecamatan yang mempunyai struktur variabel pada Tabel 1 selanjutnya diimport atau diinput ke dalam sistem, melalui fasilitas import yang telah disediakan, dan selanjutnya akan mengisi tabel

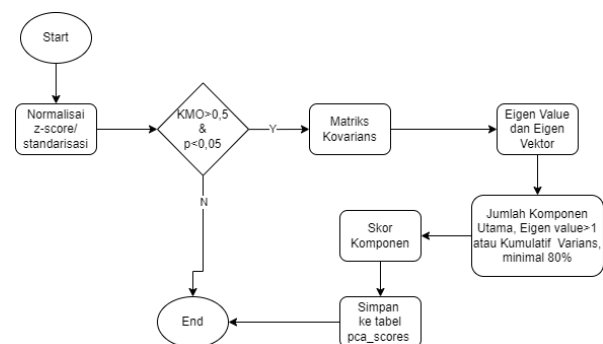
kecamatan yang mempunyai struktur seperti pada diagram ERD Gambar 1.

A. Proses Analisis Multivariat

a. Proses PCA

Proses PCA digunakan untuk reduksi dimensi, teknik ini sangat berguna untuk menghilangkan kolinearitas dan dapat mempertahankan sejumlah komponen penting (utama) yang lebih sedikit untuk menangkap sebagian besar informasi (variasi) dari keseluruhan set variabel asli [9].

Langkah sistem melakukan proses PCA[9] ditunjukkan pada Gambar 6 berikut ini.

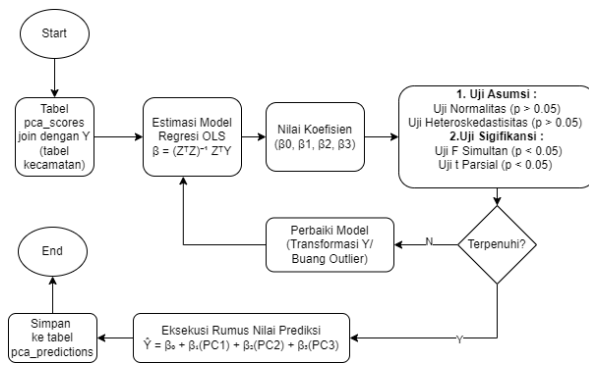


Gambar 6. Proses Analisis Multivariat (PCA)

Hasil dari PCA berupa variabel komponen utama yang jumlahnya lebih sedikit dari variabel aslinya, contoh dalam studi kasus Kabupaten Sumedang ini dari 9 variabel ($X_1 \dots X_9$) menjadi 3 variabel ($PC_1 \dots PC_3$), dan hasil ahir berupa skor komponen utama, kemudian sistem akan menyimpannya dalam database pada tabel `pca_scores`.

b. Proses PCR

Proses ini melakukan Regresi Linear Berganda standar (*Ordinary Least Squares*). Namun, variabel independen (X) yang digunakan bukan lagi variabel asli, melainkan ($PC_1, \dots, PC_3$) yang nilainya sudah ada pada tabel `pca_scores`. Gambar 7 merupakan tahapan dari PCR [10].

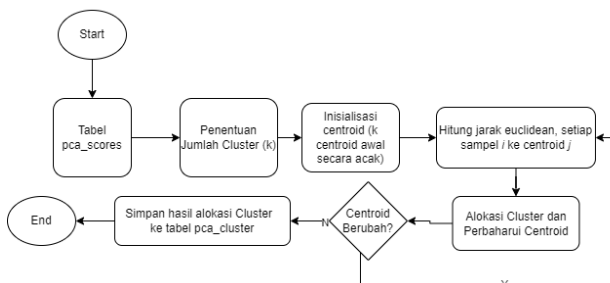


Gambar 7. Proses Analisis Multivariat (PCR)

Sistem melakukan proses PCR sesuai tahapan yang tergambar pada Gambar 6, dan hasil akhirnya berupa nilai prediksi yang akan disimpan pada tabel *pca_predictions*.

c. Proses K-Means Clustering

Selanjutnya melakukan proses *k-means clustering* dimulai dari tabel *pca_scores*, tahapannya mengikuti alur pada Gambar 8 berikut [9].



Gambar 8. Proses K-Means Clustering

Alur proses *k-means clustering* dimulai dari pengambilan data pada tabel *pc_scores*, selanjutnya penentuan jumlah cluster, analisis dapat menggunakan metode elbow dan metode silhouette, dilanjutkan menentukan centroid awal secara acak, kemudian dihitung jarak euclidean antara sampel data ke-*i* dengan *centroid* cluster ke-*j* menggunakan persamaan (1):

$$d_{ij} = \sqrt{\left(\sum_{k=1}^p (PC_{ik} - C_{jk})^2\right)} \quad (1)$$

d_{ij} : jarak euclidean antara sampel data ke-*i* dengan titik pusat (*centroid*) cluster ke-*j*.

PC_{ik} : skor dari sampel data ke-*i* pada variabel ke-*k*.

C_{jk} : nilai koordinat dari *centroid* cluster ke-*j* pada variabel ke-*k*

p: jumlah komponen utama yang dipilih)

Selanjutnya alokasi *cluster* yaitu memasukan sampel ke *cluster* yang memiliki nilai jarak minimum, kemudian memperbaharui *centroid* yaitu dengan menghitung ulang posisi rata-rata dari anggota cluster yang baru, hasilnya apabila *centroid* berubah maka kembali ke langkah menghitung jarak euclidean antara sampel data ke-*i* dengan *centroid* cluster ke-*j*, akan tetapi apabila *centroid* tidak berubah proses cluster telah selesai dan hasilnya akan tersimpan pada tabel *pca_cluster*.

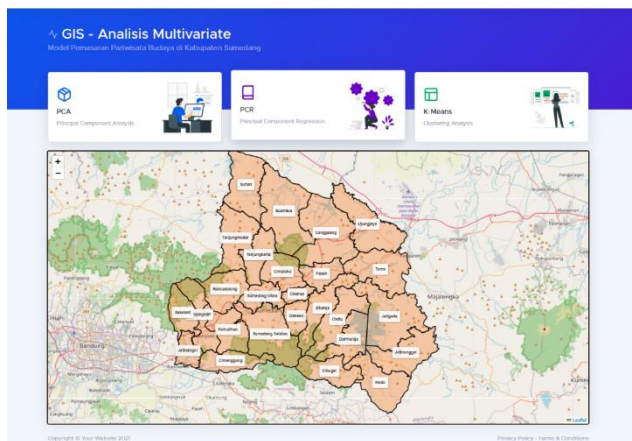
B. Implementasi GIS Analisis Multivariat

Prototype WebGIS mutivariate pada tahap awal yang berhasil dikembangkan yaitu :

a. WebGIS Potensi Budaya dan Sarana tiap Kecamatan pada Kabupa taten/Kota

WebGIS potensi budaya dan sarana tiap kecamatan menampilkan peta interaktif berbasis poligon dibagi per kecamatan yang mampu menampilkan informasi atribut secara dinamis melalui mekanisme klik pada setiap wilayah. Ketika pengguna memilih suatu kecamatan pada peta, sistem akan menampilkan dataset terkait yang memuat informasi potensi pariwisata budaya, seperti jumlah cagar budaya, objek wisata, jumlah komunitas dan lainnya, serta data sarana pendukung seperti aksesibilitas, jumlah fasilitas kesehatan, dan transportasi.

Penyajian ini memudahkan pengguna dalam memperoleh informasi detail tanpa harus berpindah halaman, sehingga meningkatkan efisiensi dalam eksplorasi data spasial dan non-spasial secara terintegrasi, contoh untuk studi kasus Kabupaten Sumedang ditunjukkan pada Gambar 9.



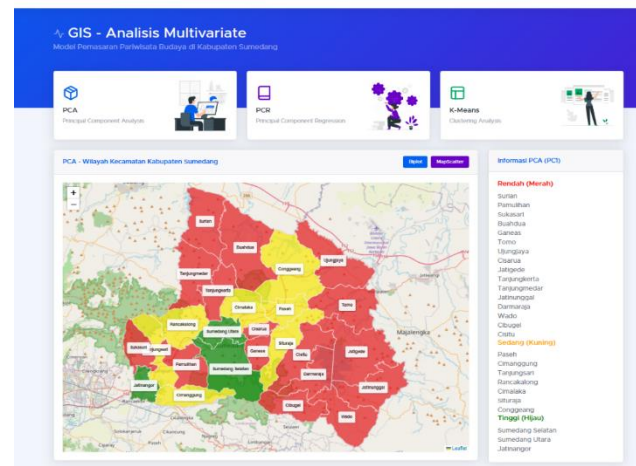
Gambar 9. WebGIS Potensi Pariwisata Budaya dan Sarana Kabupaten Sumedang

b. Implementasi GIS Multivariat untuk PCA

Hasil implementasi GIS berbasis *Principal Component Analysis* (PCA), contoh pada kasus Kabupaten Sumedang hasil PCA berupa komponen utama pertama (PC1) merupakan dimensi infrastruktur dan aktivitas budaya. Gambar 10 menunjukkan nilai PC1 divisualisasikan dalam bentuk peta choropleth pada setiap poligon kecamatan, sehingga perbedaan karakteristik wilayah dapat terlihat melalui perbedaan warna. Kecamatan dengan nilai PC1 tinggi (warna hijau) mengindikasikan memiliki kontribusi besar terhadap variabel-variabel utama, yang umumnya merepresentasikan tingginya potensi pariwisata budaya serta dukungan sarana yang memadai. Sebaliknya, kecamatan dengan nilai PC1 rendah (warna merah) dengan menunjukkan tingkat potensi dan dukungan fasilitas yang relatif lebih terbatas.

Pada studi kasus di Kabupaten Sumedang, satu komponen utama (PC1) telah merangkum sebagian besar variansi data sebesar 77,24%, pengguna dapat dengan cepat menentukan wilayah kecamatan dengan prioritas pengembangan yang tinggi dan terdapat 14 kecamatan dengan warna merah seperti surian, pamulihan, sukasari, buahdua, ganeas tomo, ujungjaya cisarua, jatigede, tanjungkerta, tanjungmedar, jatinunggal, darmaraja, wado cibugel dan cisitu. Prioritas pengembangan kedua yaitu rancakalong, tanjungsari, cimanggung paseh cimalaka, situraja conggeang. Fitur interaktif pada peta, seperti klik pada poligon

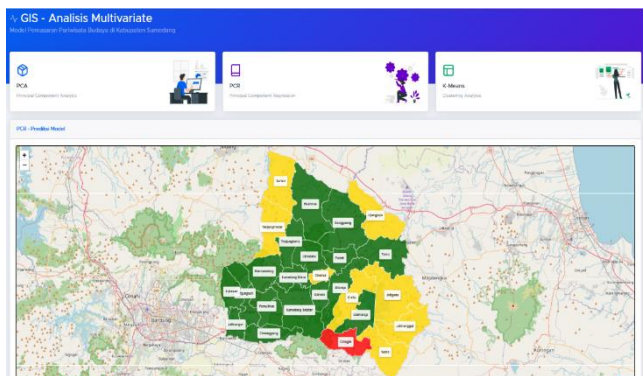
kecamatan untuk menampilkan nilai PC1 beserta atribut aslinya, semakin memperkuat fungsi analisis sistem. Oleh karena itu, implementasi ini tidak hanya menyederhanakan kompleksitas data multivariat, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam perencanaan pengembangan pariwisata budaya yang lebih efektif dan terarah.



Gambar 10. WebGIS Infrastruktur dan Aktivitas Budaya

c. Implementasi GIS Multivariat untuk PCR

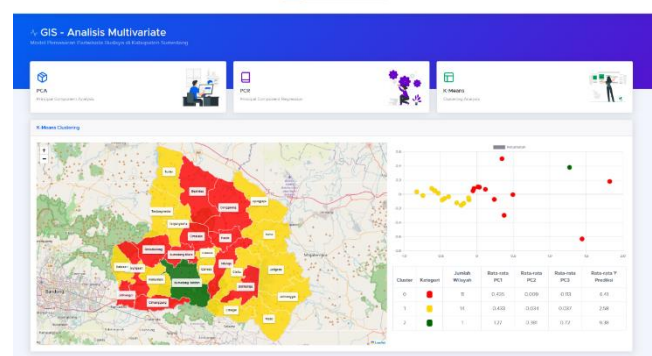
Hasil visualisasi peta choropleth berdasarkan klasifikasi nilai prediksi Y dari model *Principal Component Regression* (PCR) untuk kasus Kabupaten Sumedang ditunjukkan pada Gambar 11 menunjukkan adanya variasi spasial yang signifikan antar kecamatan. Nilai prediksi Y yang telah diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori yaitu rendah (nilai prediksi $Y < 1$), sedang (nilai prediksi Y antara 1-3), dan tinggi (nilai prediksi $Y > 3$), divisualisasikan warna pada setiap poligon wilayah. Kecamatan dengan kategori prediksi tinggi ditampilkan dengan warna hijau, yang mengindikasikan tingkat potensi atau kinerja variabel dependen yang lebih baik berdasarkan hasil pemodelan. Sebaliknya, wilayah dengan nilai prediksi rendah (warna merah) menunjukkan kondisi yang kurang optimal, sehingga dapat menjadi indikasi perlunya perhatian lebih lanjut dalam pengembangannya. Pendekatan PCR yang dikombinasikan dengan visualisasi GIS mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap pola distribusi hasil prediksi secara geografis.

Gambar 11. WebGIS Nilai prediksi Y dari model PCR

Dengan memanfaatkan hasil reduksi dimensi dari PCA, model PCR mampu menghasilkan prediksi yang lebih stabil dan mengurangi masalah multikolinearitas antar variabel. Informasi ini menjadi lebih bermakna ketika divisualisasikan dalam bentuk peta *choropleth*, karena pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi wilayah prioritas berdasarkan kategori hasil prediksi. Selain itu, fitur interaktif seperti klik pada peta untuk menampilkan nilai prediksi Y dan atribut pendukung lainnya semakin memperkuat fungsi analisis dalam mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data dan lokasi.

d. Implementasi GIS Multivariat untuk K-Means Clustering

Hasil implementasi GIS berupa visualisasi berbasis *scatter plot* interaktif mampu merepresentasikan hasil *k-means clustering* dan nilai prediksi Y . Setiap titik pada *scatter plot* merepresentasikan satu kecamatan yang dipetakan berdasarkan nilai komponen utama PC1 untuk posisi x , PC2 untuk posisi y , sementara warna titik menunjukkan keanggotaan *cluster* hasil *k-means*. Selain itu, atribut tambahan seperti nilai prediksi Y disisipkan dalam fitur interaktif (*tooltip* atau klik), sehingga ketika pengguna berinteraksi dengan titik tertentu, akan muncul informasi detail terkait hasil prediksi dan karakteristik wilayah tersebut. Pendekatan ini memungkinkan pengguna untuk melihat hubungan antar kecamatan tidak hanya secara geografis, tetapi juga berdasarkan kedekatan karakteristik data. Peta hasil *k-means clustering* untuk kasus Kabupaten Sumedang ditunjukkan pada Gambar 12.

Gambar 12 WebGIS K-Means Clustering dan Nilai Prediksi Y

Kombinasi antara hasil clustering K-Means dan visualisasi GIS memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap struktur data secara geografis. Dengan menampilkan informasi *cluster* dan nilai prediksi Y secara bersamaan melalui fitur interaktif (seperti klik pada poligon kecamatan), pengguna dapat mengevaluasi posisi relatif suatu wilayah dibandingkan dengan kelompoknya. Hal ini sangat bermanfaat dalam menentukan strategi kebijakan, di mana setiap *cluster* dapat diberikan perlakuan atau intervensi yang berbeda sesuai dengan karakteristiknya. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya membantu dalam segmentasi wilayah, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang lebih terarah dan kontekstual.

Penggunaan *scatter plot* interaktif memberikan keunggulan dalam analisis pola dan distribusi data dibandingkan visualisasi peta konvensional. Dengan memproyeksikan data ke dalam ruang dua dimensi hasil PCA, pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi kelompok-kelompok alami (*cluster*) serta melihat sebaran nilai prediksi Y dalam setiap cluster. Kombinasi warna (*cluster*) dan informasi interaktif (nilai prediksi) memungkinkan analisis yang lebih mendalam, seperti mengidentifikasi kecamatan dengan nilai prediksi tinggi dalam *cluster* tertentu atau mendeteksi outlier. Dengan demikian, visualisasi ini tidak hanya berfungsi sebagai alat representasi data, tetapi juga sebagai sarana analisis yang efektif dalam mendukung interpretasi hasil model dan pengambilan keputusan berbasis data.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Integrasi sistem: Telah berhasil dikembangkan sebuah prototype WebGIS yang mengintegrasikan analisis statistik multivariat (PCA, PCR, dan K-Means) dengan visualisasi spasial untuk mendukung keputusan pemasaran pariwisata budaya.
2. Metodologi efektif: Pendekatan metode *Prototyping* (meliputi *requirement analysis*, *quick design*, dan *construction*) efektif digunakan untuk merepresentasikan kebutuhan fungsional sistem secara cepat.
3. Kontribusi dan keberlanjutan: prototype awal ini berfungsi sebagai media visualisasi data yang mudah dipahami oleh pengguna sekaligus menjadi fondasi utama untuk proses evaluasi dan pengembangan lebih lanjut pada iterasi berikutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor, Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DRHPM), serta Pusat Studi Pemodelan dan Komputasi, Fakultas MIPA Unpad, Dinas Pariwisata Kebudayaan Kepemudaan dan Olahraga (Disparbudpora) Kabupaten Sumedang.

REFERENSI

- [1] Kementerian PPN/Bappenas. Peta Jalan SDGs Indonesia Menuju 2030; Kementerian PPN/Bappenas: Jakarta, Indonesia, 2021.
- [2] Kerebungu, F. Pengembangan industri pariwisata budaya dalam meningkatkan pendapatan asli daerah (PAD) kota Manado. *J. Apl. Manaj.* 2008, 1, 289–295.
- [3] Chen, Y.C.; King, B.; Lee, H.-W. Experiencing the destination brand: Behavioral intentions of arts festival tourists. *J. Destin. Mark. Manag.* 2018, 10, 61–67.
- [4] Mandić, A.; Séraphin, H.; Vuković, M. Engaging stakeholders in cultural tourism Living Labs: A pathway to innovation, sustainability, and resilience. *Technol. Soc.* 2024, 79, 102742.
- [5] Huang, Z.; Kong, Y. and Zhou, C. (2018), "A study on relationship between sports tourism motivation and tourists' re-visiting intention: Based on Logistic model", *Proceedings of the 2nd International Conference on Economics and Management, Education, Humanities and Social Sciences (EMEHS 2018)*, atlantis-press.com.
- [6] Kang, R. (2020), "Using logistic regression for persona segmentation in tourism: A case study", *Social Behavior and Personality: An International Journal*, ingentaconnect.com, Vol. 48 No. 4, pp. 1–16.
- [7] Smith, M.K., Pinke-Sziva, I. and Berezvai, Z. (2023), "The relative importance of culture in urban tourism: implications for segmentation", *Consumer Behavior in Tourism and Hospitality*, emerald.com, Vol. 18 No. 2, pp. 157–173, doi: 10.1108/CBTH-01-2022-0026.
- [8] Majewski, L., Frieser, A., Lang-Novikov, K. and Woltering, M. (2024), "Mapping the Distance: An Analysis of Visitor Travel Distance to German National Parks and Biosphere Reserves", *Raumforschung Und Raumordnung*, Vol. 82 No. 5, pp. 384–404, doi: 10.14512/rur.2571
- [9] Rodas, A., Benavides, L., Armijos, S., Andrade, A., Guamán Guevara, A.R. and Guamán-Guevara, F. (2024), "Understanding motivational determinants of gastronomic tourism during peak seasons. Empirical evidence from Latacunga City in Central Ecuador", *Miscellanea Geographica*, Vol. 28 No. 3, pp. 101–111, doi: 10.2478/mgrsd-2023-0036.
- [10] Ngoc, H.N., Omar, S.I. and Chau Ngan, N.N. (2024), "Effects of Tourist Motivation on Tourism Planning: A Case Study of Domestic Tourists in Vietnam", *Planning Malaysia*, Vol. 22 No. 5, pp. 168–182, doi: 10.21837/pm.v22i34.1581.
- [11] Achmad, F., Abdillah, I.T. and Amani, H. (2023), "Decision-Making Process for Tourism Potential Segmentation: A Case Study Analysis", *International Journal of Tourism Research*, ijes.telkomuniversity.ac.id.
- [12] Sánchez-Rivero, M., Rodríguez-Rangel, M.C. and Fernández-Torres, Y. (2020), "The identification of factors determining the probability of practicing Inland water tourism through logistic regression models: The case of Extremadura, Spain", *Water (Switzerland)*, Vol. 12 No. 6, doi: 10.3390/W12061664.
- [13] Núñez, J.C.G., Fuentes, L.R.R. and Monroy, H.C (2021), "The determinants of tourism expenditure in Mexican households: Applying a model of logistic regression", *International Journal of Tourism Policy*, inderscienceonline.com, Vol. 11 No. 4, doi: 10.1504/IJTP.2021.119100
- [14] Jauhari, A., Anamisa, D.R. and Mufarroha, F.A. (2022), "Analysis of clusters number effect based on k-means method for tourist attractions segmentation", *Journal of Physics: Conference Series*, iopscience.iop.org, doi: 10.1088/1742-6596/2406/1/012024.
- [15] Albuquerque, H.; Costa, C.; Martins, F. The use of Geographical Information Systems for Tourism Marketing purposes in Aveiro region (Portugal). *Tour. Manag. Perspect.* 2018, 26, 172–178.
- [16] Giuffrida, S.; Gagliano, F.; Giannitrapani, E.; Marisca, C.; Napoli, G.; Trovato, M.R. Promoting research and landscape experience in the management of the archaeological networks. A project-valuation experiment in Italy. *Sustainability* 2020, 12, 4022.
- [17] Giuffrida, S.; Gagliano, F.; Giannitrapani, E.; Marisca, C.; Napoli, G.; Trovato, M.R. Promoting research and landscape experience in the management of the archaeological networks. A project-valuation experiment in Italy. *Sustainability* 2020, 12, 4022.
- [18] Boukouvalas, L.; Grigorakis, G.; Tsatsaris, A. Cultural Routes in Kynouria of Arcadia: Geospatial Database Design and Software Development for Web Mapping of the Spatio-Historical Information. *Heritage* 2018, 1, 142–162.
- [19] Delita, F.; Sugiharto; Sidauruk, T.; Yenni, N.; Damanik, M.R.S. GIS application in mapping of tourism attractions in samosir district north sumatera province. *J. Phys. Conf. Ser.* 2019, 1175, 012226.
- [20] Rosadi, R., Ruchjana, B. N., Abdullah, A. S., & Budiarto, R. (2026). Cultural Tourism Marketing Model Based on Multivariate Analysis in Geographic Information System: A Systematic Review of the Literature. *Information*, 17(1), 31. <https://doi.org/10.3390/info17010031>
- [21] Pressman, R.S. (2019), *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, McGraw-Hill Education, 9th ed., McGraw-Hill Education
- [22] Wang, F. and Liu, L. (2024), *Computational Methods and GIS Applications in Social Science – Lab Manual*, CRC Press.
- [23] Jolliffe, I.T. (2002), *Principal Component Analysis*, Springer-Verlag: New York.