Rancang Bangun Sistem Informasi Pemilihan Fasilitas Kesehatan Berbasis PCA dan Fuzzy AHP

Aditya Chandra Nugraha[a1], I Wayan Supriana[a2], I Made Satria Bimantara[a3]

Program Studi Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Udayana
Jalan Raya Kampus UNUD, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia
[1]adityanugraha7251@gmail.com
[2]wayan.supriana@unud.ac.id
[3]satriabimantara@unud.ac.id

Abstract

This paper discusses a proposed development process of an information system for the placement of health facilities in Bali by utilizing a fuzzy analytical hierarchy process and principal component analysis to reduce the dimensionality of the various datasets used in the decision making process. Fuzzy AHP is used to determine the weights of nine distinct criteria, including distance to population centers, service quality, infrastructure availability, population density, and healthcare accessibility, among others. Principal Component Analysis (PCA) helps in extracting the most influential variables from socio-economic, geospatial, and satellite-based datasets, simplifying the input without significant loss of information. The system is built using the Laravel framework and offers functionalities for both users seeking facility recommendations and authorities proposing new locations. Manual Fuzzy AHP calculations showed a consistency index of 0.23, indicating the need for improved consistency in pairwise comparisons. Overall, the system successfully automates the recommendation process, combining expert judgment and data-driven analysis to support equitable and effective placement of health services.

Keywords: *Fuzzy AHP (FAHP), Principal Component Analysis (PCA), Geospatial Analysis.*

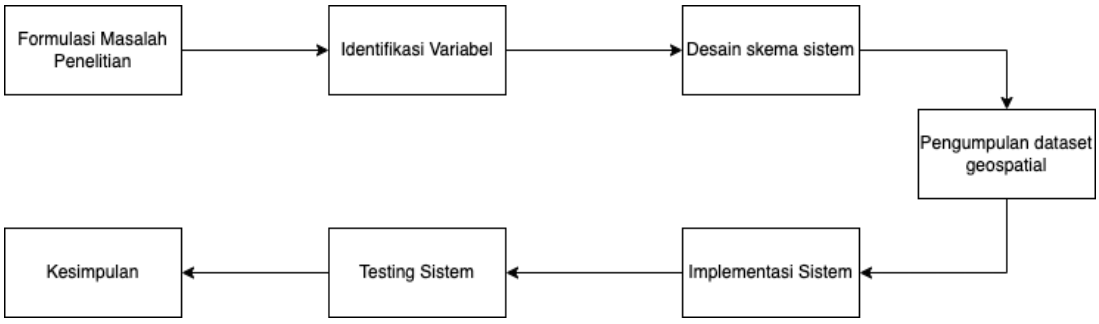
1. Pendahuluan

Fasilitas kesehatan didefinisikan sebagai suatu tempat yang digunakan untuk menyelenggarakan upaya pelayanan kesehatan, baik promotif, preventif, kuratif maupun rehabilitatif yang dilakukan oleh pemerintah pusat, pemerintah daerah, dan atau masyarakat [1]. Tujuan utama pelayanan kesehatan adalah untuk memenuhi kebutuhan fasilitas kesehatan bagi seluruh masyarakat setiap saat secara merata (Tripathi et al., 2020a). Akan tetapi, menurut laporan dari Dinas Kesehatan Provinsi Bali [6], masih terdapat ketimpangan distribusi pelayanan kesehatan di beberapa wilayah Bali sehingga beberapa daerah belum memiliki fasilitas kesehatan yang memadai. Hal ini sangat disayangkan dikarenakan jumlah dan kualitas faskes di suatu daerah atau negara dapat mencerminkan nilai kemakmuran dan kualitas hidup daerah tersebut. Oleh karena itu penelitian yang pernah dilakukan oleh (Ahmadi-javid, et al, 2017) menyoroti pentingnya pemilihan lokasi fasilitas kesehatan dengan mengangkat aspek egaliter yang penting seperti keadilan akses, efisiensi biaya, dan kualitas layanan dalam merancang dan memilih lokasi pembangunan fasilitas kesehatan, dengan memodelkan deterministic, stochastic, dan robust optimization, serta integrasi data spasial dan algoritma heuristik. Pemilihan lokasi fasilitas kesehatan yang optimal bergantung pada berbagai kriteria yang bersifat heterogen dan memerlukan metode optimasi untuk mengevaluasi kriteria-kriteria tersebut dan pengaruhnya terhadap satu sama lain (Cetin-kaya et al., 2016; Erbas et al., 2018). Metode penentuan keputusan Fuzzy AHP akan dipilih untuk membantu mengambil keputusan yang bersifat kompleks dan subjektif, khususnya dalam menilai berbagai kriteria fasilitas kesehatan yang memiliki tingkat ketidakpastian atau ambiguitas. Fuzzy AHP dipilih karena penelitian (Ahmadi-javid, et al, 2017) yang memaparkan bahwa FAHP merupakan pengembangan dari metode Analytic Hierarchy Process (AHP) yang menghasilkan output lebih baik dikarenakan penggabungan logika fuzzy untuk menangani ketidakpastian dalam penilaian pakar terhadap bobot kepentingan antar kriteria. Dalam konteks pemilihan fasilitas

kesehatan, Fuzzy AHP digunakan untuk memberikan bobot secara lebih akurat terhadap kriteria-kriteria seperti jarak, biaya, kualitas layanan, ketersediaan tenaga medis, dan lain sebagainya. *Principal Component Analysis* (PCA) merupakan metode statistik yang digunakan untuk mereduksi dimensi data tanpa menghilangkan informasi penting yang terkandung di dalamnya. PCA bekerja dengan mengidentifikasi komponen utama yang menjelaskan variasi terbesar dalam data, sehingga dapat menyederhanakan kompleksitas data multivariat. Dalam sistem informasi fasilitas kesehatan, PCA dapat digunakan untuk mengolah dan menyaring data input yang banyak dan kompleks, seperti data demografi, kebutuhan pasien, hingga karakteristik fasilitas, sehingga sistem dapat fokus pada komponen-komponen utama yang paling berpengaruh terhadap keputusan rekomendasi. Dengan mengintegrasikan Fuzzy AHP dan PCA, sistem informasi yang dirancang diharapkan mampu memberikan hasil yang lebih optimal, efisien, dan akurat dalam membantu masyarakat memilih fasilitas kesehatan yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi mereka. Perpaduan metode ini juga berpotensi meningkatkan kualitas keputusan dalam konteks sistem berbasis data, terutama ketika data yang digunakan memiliki sifat heterogen dan kompleks.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan objektif dengan tipe penelitian eksploratoris dengan menerapkan metode eksperimen. Pemilihan metode ini bertujuan untuk menguji hipotesis secara sistematis dan valid, khususnya dalam mengidentifikasi serta memahami hubungan kausal antar variabel. Seluruh proses penelitian dirancang mengikuti kerangka kerja *Design Science Research Method* (DSRM), yang mendukung pengembangan solusi berbasis desain secara iteratif dan terstruktur



Gambar 1. Diagram Rangkaian Alur Penelitian

a. Formulasi Masalah
Langkah pertama dalam penelitian ini adalah untuk membuat konteks permasalahan dengan menyajikan bukti atau data terkait dari masalah yang diangkat sembari memberikan solusi berupa tujuan dari penelitian.

b. Identifikasi Variabel
Setelah itu merumuskan tujuan dan permasalahan penelitian, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi mana yang merupakan variabel independen, dependen dan kontrol dari penelitian.

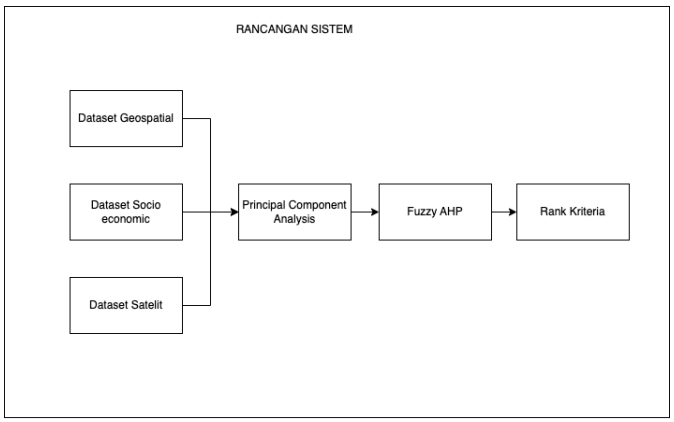
c. Desain Skema Sistem
Langkah selanjutnya adalah untuk membuat sebuah runtutan alur kerja sistem untuk mempermudah dan memperjelas proses implementasi.

d. Pengumpulan Dataset
Sebelum menulis coding untuk membuat sistem, data perlu dikumpulkan data dari berbagai dataset yang meliputi dataset sensus penduduk dan lingkungan dari Badan Pusat Statistik(BPS) beserta data geospatial berupa citra satelit dari Badan Informasi Geospasial(BIG).

e. Implementasi Sistem
Langkah ini adalah tahap pembuatan dan perancangan sistem rekomendasi ke dalam aplikasi yang berbasis web. Langkah ini meliputi proses pengolahan data dengan PCA untuk mereduksi fitur, Pembobotan menggunakan fuzzy AHP, Pemrosesan ranking dan rekomendasi beserta dengan pembuatan GUI aplikasi.

f. Testing Sistem
Sesudah tahap implementasi, sistem yang telah dibuat akan di tes untuk memastikan akurasi dan performa menggunakan data nyata dengan metrik seperti *precision, recall* dan kepuasan pengguna.

g. Kesimpulan
Langkah terakhir ini berguna untuk menarik kesimpulan hasil penelitian berdasarkan analisis hasil dan merekomendasikan lokasi penempatan fasilitas kesehatan secara akurat dan optimal dari segi logistik.

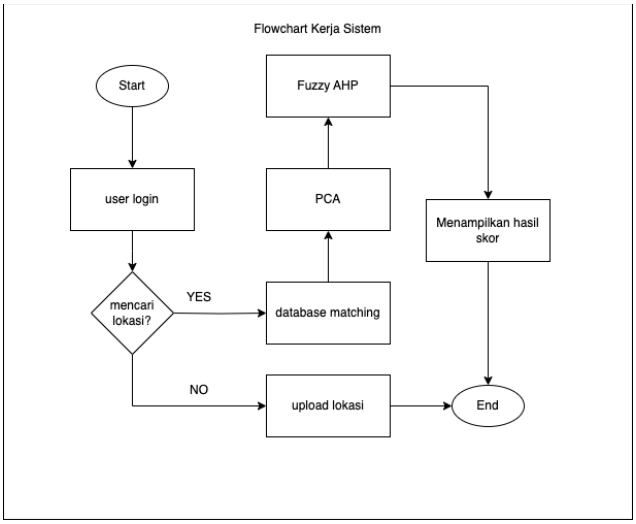


Gambar 2. Diagram Rangkaian Sistem

Berdasarkan diagram gambar 2 diatas terdapat beberapa dataset dan proses yang digunakan dalam seluruh rangkaian sistem

- Dataset Geospatial berisi data berbasis lokasi geografis, biasanya mencakup koordinat (latitude, longitude), batas wilayah, jaringan jalan, dan posisi fasilitas kesehatan.
- Dataset Socio Economic mencakup informasi sosial dan ekonomi penduduk di wilayah tertentu, seperti tingkat pendapatan, kepadatan penduduk, tingkat pendidikan, dan angka kesehatan masyarakat yang akan digunakan oleh PCA untuk mengekstraksi fitur penting dari berbagai faktor sosial ekonomi.
- Dataset Satelit digunakan untuk mengidentifikasi komponen lokasi yang sesuai untuk faskes baru seperti data penggunaan lahan (land use), kepadatan bangunan, atau tutupan vegetasi atau evaluasi sebaran faskes yang sudah tersedia.
- *Principal Component analysis* digunakan untuk menyaring dan mengekstraksi fitur penting dari banyak variabel input dan menghasilkan komponen utama yang paling berpengaruh terhadap pemilihan faskes untuk menyederhanakan masukan ke Fuzzy AHP.
- Fuzzy AHP digunakan untuk menentukan bobot kriteria berdasarkan perbandingan antar kriteria dari para pakar atau stakeholder
- Rank Kriteria ini digunakan untuk menghitung skor akhir dari setiap fasilitas dalam proses rekomendasi.

p-ISSN: 2986-3929
e-ISSN: 3032-1948



Gambar 3. Flowchart Sistem

Sistem informasi ini dirancang menggunakan kerangka *Laravel* sebagai backend utama, yang terintegrasi dengan antarmuka pengguna berbasis web. Untuk menjaga keamanan dan personalisasi layanan, pengguna diwajibkan untuk melakukan proses login terlebih dahulu sebelum dapat mengakses fitur-fitur utama dalam sistem. Setelah berhasil login, pengguna dihadapkan pada dua pilihan utama, yaitu mencari lokasi fasilitas kesehatan atau menawarkan lokasi baru untuk dipertimbangkan. Apabila pengguna memilih opsi mencari lokasi, maka sistem akan menampilkan daftar fasilitas kesehatan yang tersedia di suatu wilayah administratif, misalnya pada tingkat kabupaten. Pengguna dapat memilih salah satu lokasi dari daftar tersebut untuk dianalisis lebih lanjut. Setelah lokasi dipilih, sistem akan melakukan proses validasi dan pencocokan data dengan basis data internal yang berisi atribut geospasial, data sosial ekonomi, dan atribut lingkungan lainnya. Data yang sudah dikumpulkan akan diproses terlebih dahulu menggunakan Principal Component Analysis (PCA) untuk mereduksi dimensi dan mengekstraksi fitur-fitur utama yang paling berpengaruh. Hasil dari PCA kemudian menjadi input dalam metode Fuzzy AHP untuk memberikan bobot terhadap kriteria-kriteria yang relevan berdasarkan preferensi pengguna dan pertimbangan pakar. Proses Fuzzy AHP akan menghasilkan peringkat akhir lokasi berdasarkan skor komposit dari setiap kriteria, sehingga pengguna dapat menerima rekomendasi lokasi fasilitas kesehatan yang paling optimal sesuai dengan kebutuhan dan prioritasnya.

3. Hasil dan Diskusi

Berdasarkan studi berbagai literatur dan pengetahuan dari para ahli dalam konteks ditetapkan 3 kriteria utama dimana tiap kriteria memiliki sub-kriterianya masing-masing.

Tabel 1. Kategori

Kode	Keterangan
S	Social Economic
L	Lingkungan
G	Geografis

p-ISSN: 2986-3929
e-ISSN: 3032-1948

Tabel 2. Sub-kategori

Basis Data	Nomor Tabel	Analisis
S1	Densitas Populasi	Normalisasi
S2	Jarak dari pemukiman	Jarak Euclidean
S3	Harga Tanah	Interpolasi
L1	Polusi Udara	Interpolasi
L2	Area Hijau	Jarak Euclidean
L3	Industri Kotor	Jarak Euclidean
G1	Jarak dari Jalan	Jarak Euclidean
G2	Jarak dari faskes lain	Jarak Euclidean
G3	Ruang Perluasan	Jarak Euclidean

Setelah mendefinisikan kriteria tahap selanjutnya adalah melakukan perbandingan berpasangan antar kriteria dengan menggunakan skala linguistik yang dikonversi ke dalam bentuk bilangan fuzzy triangular (TFN). Setelah itu, nilai fuzzy dari tiap perbandingan diolah melalui proses agregasi dan sintesis fuzzy, biasanya dengan metode extent analysis, untuk mendapatkan bobot prioritas masing-masing kriteria. Tahapan berikutnya adalah defuzzifikasi, yaitu proses mengubah bilangan fuzzy menjadi nilai crisp (tegas) untuk memudahkan interpretasi. Hasil akhir dari metode ini berupa bobot kriteria terprioritaskan yang dapat digunakan dalam proses evaluasi atau rekomendasi alternatif secara lebih akurat dan logis di bawah ketidakpastian [5]. Alhasil setelah mengimplementasikan langkah-langkah tersebut didapat tabel konsistensi seperti dibawah yang menghasilkan nilai lamda maksimal sebesar 3,70. Nilai ini akan digunakan untuk menentukan nilai-nilai tabel hasil untuk mendapat performa kriteria terhadap satu sama lain.

Tabel 3. Konsistensi

Kriteria	l	m	u	Total
S	1,7	0,6	0,37	1,97
L	2,26	1,23	0,7	4,20
G	2,12	1,64	1,18	4,95

Tabel 4. Hasil

Kode	Keterangan
Consistency Index	0,23
Random Index	0,58
Consistency Ratio	0,4

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut

- skala fuzzy yang digunakan dalam proses perbandingan berpasangan masih belum optimal, sehingga berpengaruh terhadap akurasi pembobotan kriteria
- Dalam perhitungan fuzzy ahp ditemukan bahwa perhitungan manual menghasilkan nilai *Consistency Index* sebesar 0,23 yang menunjukkan perbandingan yang tidak konsisten dikarenakan konflik logika,sehingga perlu dilakukan penyesuaian pada struktur hierarki

atau revisi terhadap bobot preferensi pakar.
- pembobotan kriteria yang dihasilkan menunjukkan bahwa beberapa kriteria memiliki dominasi yang tidak seimbang, yang dapat mempengaruhi hasil rekomendasi jika tidak ditangani dengan tepat

Secara keseluruhan sistem informasi yang dirancang telah berhasil mengotomatisasi proses perhitungan Fuzzy AHP dan integrasi dengan metode PCA untuk ekstraksi fitur, sehingga mampu menyederhanakan proses pengambilan keputusan multikriteria dalam konteks pemilihan fasilitas kesehatan. Sistem ini diharapkan dapat membantu pengguna dalam mendapatkan rekomendasi yang lebih akurat dan berbasis data, meskipun masih diperlukan evaluasi dan pengembangan lebih lanjut pada tahap skala fuzzy dan validasi konsistensi.

Daftar Pustaka

[1] Presiden Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 67 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Fasilitas Pelayanan Kesehatan*, Jakarta: Sekretariat Negara, 2021
[2] A. Ahmadi-Javid, P. Seyedi, and S. Syam, “A survey of healthcare facility location,” *Computers & Operations Research*, vol. 79, pp. 223–263, 2017.
[3] S. Kumar and A. R. Bharti, "Comparison of GIS-based AHP and fuzzy AHP methods for hospital site selection: A case study for Prayagraj City, India," *Materials Today: Proceedings*, vol. 46, pp. 8987–8992, 2021. doi: 10.1016/j.matpr.2021.04.207
[4] Y. S. Yay, H. Ceylan and E. Bayram, "Suitable location selection for the electric vehicle fast charging station with AHP and fuzzy AHP methods using GIS," *Sustainable Cities and Society*, vol. 84, p. 103982, 2022.
[5] A. Emrouznejad, W. Ho, and C. St, *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, July 2022. ISBN: 978-1-4987-3246-8.
[6] M. A. Setiawan, “Jumlah Layanan Kesehatan Kurang, Dinkes Bangun Puskesmas Tahun Depan,” *Detik.com*, 22 Juni 2024.