Integrasi Data Geospasial Pemetaan Sebaran Fasilitas Kesehatan Pendukung BPJS Kesehatan di Kota Kendari Menggunakan Algoritma *Bellman-Ford*

Anggun Lestari Arman Syah[1*], Jumadil Nangi[2], LM. Bahtiar Aksara[3]
Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo[1,2,3]
*e-mail: anggunlestariarmansyah21@gmail.com

ABSTRAK

Penyebaran fasilitas kesehatan yang tidak merata di Kota Kendari sering kali menyulitkan masyarakat dalam menemukan lokasi layanan kesehatan yang bekerja sama dengan BPJS Kesehatan. Permasalahan ini memerlukan solusi berbasis teknologi yang mampu menampilkan informasi lokasi secara akurat dan memberikan rekomendasi rute tercepat menuju fasilitas tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem WebGIS yang mengintegrasikan data geospasial guna memetakan sebaran fasilitas kesehatan mitra BPJS Kesehatan di Kota Kendari serta menerapkan algoritma *Bellman-Ford* dalam menentukan rute terpendek menuju fasilitas kesehatan terdekat. Algoritma ini digunakan karena kemampuannya menangani graf berbobot negatif dan menghasilkan lintasan optimal secara iteratif berdasarkan proses relaksasi jarak antar simpul. Hasil pengujian *User Acceptance Test* (UAT) menunjukkan bahwa sistem memperoleh tingkat kelayakan sebesar 87,11% dari kelompok admin dan 93,14% dari kelompok pengguna umum, keduanya termasuk dalam kategori *Sangat Baik*. Hal ini menandakan bahwa sistem mudah digunakan, fitur berjalan optimal, dan tampilan antarmuka dapat dipahami dengan baik oleh pengguna. Sementara itu, hasil pengujian akurasi algoritma menunjukkan perbedaan jarak sekitar 26,2% antara hasil perhitungan sistem dan data manual dari Google Maps. Secara keseluruhan, sistem WebGIS berbasis algoritma *Bellman-Ford* dinilai layak, akurat, dan efektif dalam memetakan sebaran fasilitas kesehatan serta menentukan rute tercepat menuju lokasi layanan kesehatan mitra BPJS. Sistem ini berpotensi membantu masyarakat dalam memperoleh layanan kesehatan secara cepat dan efisien serta mendukung BPJS Kesehatan dalam pengelolaan data fasilitas secara spasial. Ke depan, sistem dapat dikembangkan dengan penerapan algoritma optimasi lain seperti *Dijkstra* atau A*, serta integrasi data *real-time* untuk meningkatkan akurasi dan performa sistem dalam skala wilayah yang lebih luas

Kata kunci : Algoritma *Bellman-Ford*; BPJS Kesehatan; Fasilitas Kesehatan; Kota Kendari; Sistem Informasi Geografis.

ABSTRACT

The uneven distribution of health facilities in Kendari City often makes it difficult for the public to locate healthcare services that are partnered with BPJS Kesehatan. This issue requires a technology-based solution capable of accurately displaying location information and recommending the fastest routes to those facilities. This research aims to develop a WebGIS system that integrates geospatial data to map the distribution of BPJS Kesehatan–affiliated health facilities in Kendari City and applies the Bellman-Ford algorithm to determine the shortest route to the nearest healthcare facility. The algorithm was chosen for its ability to handle negatively weighted graphs and generate optimal paths through an iterative edge relaxation process between nodes. The results of the User Acceptance Test (UAT) show that the system achieved a feasibility score of 87,11% from the admin group and 93.14% from the general user group, both of which fall into the Very Good category. This indicates that the system is user-friendly, its features function optimally, and the interface is well-understood by users. Meanwhile, the algorithm accuracy test revealed a distance difference of approximately 26.2% between the system's calculation results and manual data from Google Maps. Overall, the WebGIS system based on the Bellman-Ford algorithm is considered feasible, accurate, and effective in mapping the distribution of health facilities and determining the fastest routes to BPJS Kesehatan–affiliated healthcare services. The system has the potential to help the public access healthcare services more quickly and efficiently while supporting BPJS Kesehatan in spatially

managing facility data. In the future, the system can be further enhanced by implementing other optimization algorithms such as Dijkstra or A and integrating real-time data to improve accuracy and performance on a broader regional scale.*

***Keywords* :** *Bellman-Ford Algorithm; BPJS Kesehatan; Geographic Information System; Health Facilities;; Kendari City.*

PENDAHULUAN

Kesehatan adalah kebutuhan mendasar setiap manusia yang harus dipenuhi agar dapat menjalani kehidupan yang sehat, produktif, dan berarti. Di Indonesia, arah kebijakan pembangunan kesehatan mengacu pada Pasal 28 H ayat (1) Undang-Undang Dasar 1945, yang menjamin hak setiap warga negara untuk memperoleh layanan kesehatan. Prinsip ini juga sejalan dengan deklarasi konstitusi WHO tahun 1948 mengenai hak kesehatan sebagai hak universal. Hal tersebut ditegaskan pula dalam Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 yang menyatakan bahwa kesehatan termasuk dalam hak asasi manusia dan menjadi bagian penting dalam mencapai kesejahteraan sebagaimana yang diamanatkan oleh Pancasila dan UUD 1945 (Astuti, 2020). Sebagai bentuk implementasi, pemerintah membentuk Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan melalui Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2011, yang resmi berlaku sejak 1 Januari 2014, guna menjalankan sistem jaminan sosial di bidang kesehatan. Dengan hadirnya BPJS Kesehatan, pemerintah meluncurkan program Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) sebagai langkah strategis untuk menyediakan layanan kesehatan yang menyeluruh, adil, dan dapat diakses oleh seluruh masyarakat Indonesia (Alayda et al., 2024; Soraya et al., 2023; Susanti et al., 2022). Keberhasilan BPJS Kesehatan bergantung pada pemerataan dan keterjangkauan fasilitas kesehatan seperti puskesmas, klinik, dan rumah sakit mitra untuk memastikan pelayanan yang optimal (Hasrillah et al., 2021).

BPJS Kesehatan mencakup dua kategori peserta, yakni Penerima Bantuan Iuran (PBI) yang terdiri dari fakir miskin dan kelompok kurang mampu dengan iuran yang ditanggung pemerintah, serta peserta non-PBI yang merupakan peralihan dari program Asuransi Kesehatan (ASKES) atau peserta mandiri yang membayar iuran secara pribadi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Sulawesi Tenggara tahun 2023, di Kota Kendari tercatat 31,03% penduduk terdaftar sebagai peserta BPJS Kesehatan kategori PBI, sementara 42,71% merupakan peserta non-PBI. Persentase ini mengindikasikan bahwa penduduk Kota Kendari yang mengikuti program BPJS Kesehatan didominasi oleh kelompok non-PBI, baik melalui jalur mandiri maupun kerja sama institusi, yang menunjukkan kesadaran masyarakat akan pentingnya perlindungan jaminan kesehatan. Dalam penyelenggaraan programnya, BPJS Kesehatan bekerja sama dengan fasilitas kesehatan yang terbagi menjadi dua tingkat layanan, yaitu Fasilitas Kesehatan Tingkat Pertama (FKTP) dan Fasilitas Kesehatan Rujukan Tingkat Lanjut (FKRTL). FKTP mencakup puskesmas, klinik pratama, klinik utama, serta Tempat Praktek Mandiri Dokter (TPMD) yang berperan sebagai garda terdepan dalam pelayanan kesehatan dasar dan preventif. Sementara itu, FKRTL meliputi rumah sakit dan fasilitas sejenis yang memberikan pelayanan lanjutan dan spesialistik berdasarkan rujukan dari FKTP.

Berdasarkan data BPJS Kesehatan per 9 Agustus 2025, Kota Kendari memiliki 59 fasilitas kesehatan yang bermitra dan tersebar di berbagai wilayah administratif. Fasilitas tersebut terdiri atas 15 rumah sakit, 3 klinik utama, 6 klinik pratama, 3 klinik TNI, 2 klinik Polri, 15 puskesmas, serta 15 Tempat Praktek Mandiri Dokter (TPMD) yang mencakup dokter umum, dokter gigi, dan dokter spesialis. Persebaran fasilitas ini menunjukkan ketersediaan infrastruktur medis yang cukup memadai, mulai dari pelayanan kesehatan tingkat pertama seperti puskesmas dan klinik pratama, hingga pelayanan tingkat lanjut seperti rumah sakit dan klinik utama, termasuk fasilitas khusus milik TNI dan Polri yang turut mendukung pelayanan kesehatan peserta BPJS. Keberagaman jenis dan pemerataan lokasi fasilitas kesehatan ini memudahkan masyarakat Kota Kendari untuk memperoleh layanan kesehatan secara cepat, tepat, dan terjangkau. Di Kota Kendari, pelaksanaan program BPJS masih menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait dengan kesulitan masyarakat dalam menemukan lokasi fasilitas kesehatan yang bekerja sama dengan BPJS. Tidak semua

fasilitas kesehatan yang ada di kota ini melayani peserta BPJS, sehingga menyulitkan masyarakat, khususnya dalam situasi darurat ketika mereka membutuhkan layanan cepat namun tidak mengetahui lokasi atau alamat fasilitas kesehatan yang menerima BPJS.

Perkembangan teknologi informasi, khususnya di bidang Sistem Informasi Geografis (SIG), memberikan peluang besar dalam mendukung penyediaan layanan publik berbasis spasial (Ajitama & Widyaningsih, 2025; Erkamim et al., 2023; Wulandari et al., 2025). Dengan memanfaatkan data geospasial, persebaran fasilitas kesehatan dapat divisualisasikan secara lebih jelas dan akurat, sekaligus membantu dalam menganalisis tingkat aksesibilitas terhadap layanan tersebut berdasarkan letak geografis pengguna. Teknologi SIG menggabungkan fungsi basis data dengan visualisasi spasial, sehingga menjadi alat yang efektif untuk menganalisis, merencanakan, dan memprediksi berbagai kejadian. Pemanfaatan teknologi internet memungkinkan akses terhadap data SIG secara lebih luas melalui *platform* berbasis web, yang dikenal dengan istilah WebGIS (Perrina, 2021).

Algoritma *Bellman-Ford* digunakan untuk mendukung analisis jarak dan rute menuju fasilitas kesehatan terdekat, salah satu pendekatan yang bisa diterapkan. Algoritma ini dapat digunakan untuk mencari jarak terpendek pada graf berbobot, termasuk yang memiliki bobot negatif (Fitriani et al., 2022). Kelebihan utama algoritma *Bellman-Ford* dibanding algoritma lainnya, seperti *Dijkstra*, adalah kemampuannya menangani graf dengan *edge* berbobot negatif, selama graf tersebut tidak mengandung siklus negatif yang dapat dijangkau dari titik awal. Secara prinsip, *Bellman-Ford* mirip dengan *Dijkstra* karena sama-sama bertujuan mencari jarak terpendek dari satu simpul ke semua simpul lain dan menggunakan pendekatan iteratif melalui relaksasi *edge*. Selain itu, *Bellman-Ford* juga memiliki kesamaan dengan algoritma *Floyd-Warshall* dalam hal kemampuannya mengolah graf berbobot negatif dan pendekatan berbasis *dynamic programming*, meskipun ruang lingkup *Floyd-Warshall* mencakup pencarian jarak terpendek antar semua pasangan simpul. Dengan demikian, *Bellman-Ford* lebih fleksibel karena, selain memiliki tujuan dan mekanisme serupa, ia juga mampu menangani bobot negatif kemampuan yang tidak dimiliki oleh *Dijkstra* dan juga tetap dengan kompleksitas yang lebih sederhana dibanding *Floyd-Warshall*.

Dengan mengintegrasikan algoritma *Bellman-Ford* ke dalam sistem pemetaan berbasis data geospasial, sistem tidak hanya menampilkan lokasi fasilitas kesehatan mitra BPJS, tetapi juga memberikan panduan rute terpendek secara akurat dan fleksibel, dengan mempertimbangkan hambatan aktual seperti kondisi lalu lintas, jarak tempuh, atau faktor risiko tertentu yang dapat dimodelkan dalam bobot negatif dalam hal ini ketika sebuah sisi memiliki bobot negatif, artinya sisi tersebut justru mengurangi total jarak atau biaya saat dilewati. Pemilihan algoritma *Bellman-Ford* dalam penelitian ini didasarkan pada fleksibilitasnya dalam menangani graf berbobot negatif dan kemampuan untuk mengakomodasi kondisi rute yang dinamis. Hal ini sangat penting dalam konteks layanan kesehatan, kecepatan dan ketepatan rute menuju fasilitas kesehatan terdekat dapat berdampak langsung terhadap keselamatan pasien, terutama dalam kondisi darurat. Oleh karena itu, *Bellman-Ford* menjadi pilihan yang tepat dan strategis untuk membangun sistem pemetaan yang adaptif dan mendukung efisiensi akses layanan kesehatan secara menyeluruh. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang sistem pemetaan sebaran fasilitas kesehatan pendukung BPJS Kesehatan di Kota Kendari dengan mengintegrasikan algoritma *Bellman-Ford* sebagai alat bantu optimasi rute. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan akses dan perencanaan layanan kesehatan berbasis teknologi geospasial berbasis *website*. Oleh karena itu, penulis mengambil judul "Integrasi Data Geospasial Pemetaan Sebaran Fasilitas Kesehatan Pendukung BPJS Kesehatan di Kota Kendari Menggunakan Algoritma *Bellman-Ford*".

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam studi ini memadukan pendekatan pengumpulan data dan pengembangan sistem yang dirancang untuk menghasilkan aplikasi pencarian rute terpendek menuju fasilitas kesehatan pendukung BPJS Kesehatan berbasis WebGIS. Pengumpulan data dilakukan melalui dua teknik utama.

Pertama, studi literatur yang mencakup telaah mendalam terhadap jurnal, buku, artikel ilmiah, dan dokumen relevan guna menegaskan kerangka teoretis, perkembangan terbaru dalam algoritma Bellman-Ford, serta implementasinya dalam sistem berbasis WebGIS. Studi literatur ini menjadi landasan dalam merumuskan kebutuhan fungsional dan nonfungsional sistem. Kedua, penelitian lapangan melalui wawancara langsung dengan pihak BPJS Kesehatan Cabang Kendari untuk memperoleh data empiris terkait profil fasilitas kesehatan mitra, karakteristik layanan, dan informasi pendukung lainnya yang diperlukan dalam pemetaan spasial. Kedua metode ini diintegrasikan untuk memastikan bahwa desain sistem selaras dengan kebutuhan riil pengguna dan kondisi lapangan. Pelaksanaan penelitian berlangsung dari Juni hingga September 2025, bertempat di Laboratorium Software Engineering Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo dan di BPJS Kesehatan Kota Kendari.

Proses pengembangan sistem menggunakan metode *Rational Unified Process* (RUP) yang berorientasi pada *use-case driven*, *architecture-centric*, serta pendekatan iteratif dan incremental (Agitha & Afwani, 2021; Hadjaratie et al., 2023; Sugiharto et al., 2022). Tahap *inception* difokuskan pada pemodelan proses bisnis dan identifikasi kebutuhan sistem, termasuk analisis awal integrasi algoritma Bellman-Ford dan modul WebGIS. Tahap *elaboration* memperdalam analisis kebutuhan melalui pemodelan UML, meliputi *use case*, *activity*, *sequence*, dan *class diagram* serta perancangan antarmuka dan pembuatan *flowchart* algoritmik. Implementasi teknis dilakukan pada tahap *construction*, yang mencakup pengembangan fitur inti, integrasi data spasial fasilitas kesehatan, serta penerapan algoritma Bellman-Ford untuk menghasilkan rute optimal. Keseluruhan komponen diuji secara bertahap untuk memastikan stabilitas dan konsistensi antar modul. Tahap *transition* menuntaskan proses dengan melakukan pengujian menyeluruh melalui *User Acceptance Testing* (UAT) guna mengevaluasi fungsionalitas, keakuratan kalkulasi rute, dan kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna. Pendekatan RUP ini memastikan sistem dikembangkan secara sistematis, terstruktur, dan adaptif terhadap temuan analitis selama proses penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

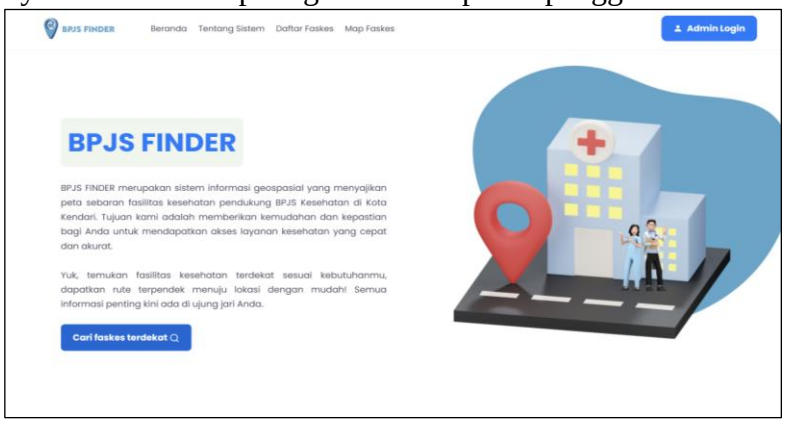
Implementasi Sistem dan Data

Tahap implementasi sistem merupakan fase krusial yang menerjemahkan seluruh hasil analisis dan perancangan ke dalam platform WebGIS berbasis website dengan memanfaatkan PHP dan JavaScript melalui lingkungan pengembangan Visual Studio Code, yang dipilih karena kelengkapan fitur debugging, ketersediaan ekstensi pengembangan web, serta kompatibilitasnya terhadap berbagai framework modern. Sistem ini dirancang untuk memetakan sebaran fasilitas kesehatan mitra BPJS di Kota Kendari sekaligus menyediakan perhitungan rute terpendek dengan mengintegrasikan algoritma Bellman-Ford, yang dipilih karena keunggulannya dalam menangani graf berskala besar, toleransinya terhadap bobot negatif, serta stabilitasnya dalam menghasilkan rute optimal dalam jaringan dengan struktur jalur kompleks. Seluruh proses perhitungan rute membutuhkan data yang valid dan terstruktur, sehingga penelitian ini menggunakan basis data faskes yang dihimpun dari BPJS Kesehatan Kota Kendari per 9 Agustus 2025, mencakup 59 mitra layanan kesehatan yang terdiri atas 15 rumah sakit, 3 klinik utama, 6 klinik pratama, 3 klinik TNI, 2 klinik Polri, 15 puskesmas, dan 15 Tempat Praktik Mandiri Dokter; data ini berperan sebagai fondasi dalam pemetaan spasial sekaligus sebagai input utama algoritma untuk memastikan akurasi penentuan jalur. Dengan integrasi data dan algoritma tersebut dalam kerangka WebGIS, sistem mampu menghadirkan informasi lokasi faskes serta rute tercepat yang adaptif terhadap kondisi jaringan jalan Kota Kendari, sehingga meningkatkan efektivitas akses masyarakat terhadap layanan kesehatan melalui penyediaan navigasi yang cepat, tepat sasaran, dan berbasis analisis spasial yang andal.

Implementasi Interface

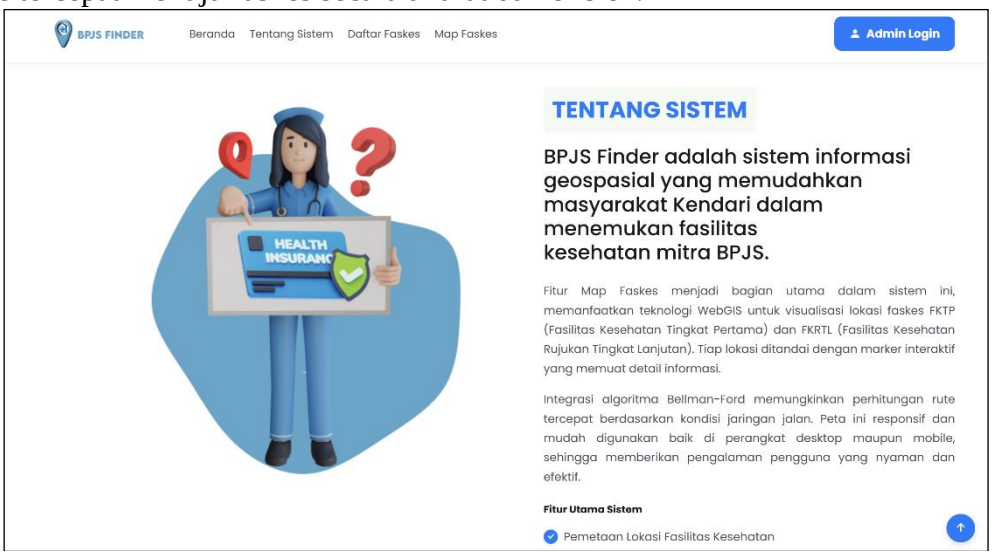
Aplikasi BPJS Finder dikembangkan sebagai sistem berbasis web yang dapat diakses secara daring dengan memanfaatkan MySQL sebagai basis data untuk menyimpan, mengelola, dan memperbarui informasi sebaran fasilitas kesehatan mitra BPJS Kesehatan di Kota Kendari secara terstruktur. Sistem ini tidak hanya menyediakan visualisasi spasial fasilitas kesehatan, tetapi juga dilengkapi fitur pencarian faskes

terdekat serta penentuan rute tercepat yang dioptimalkan menggunakan algoritma Bellman-Ford, sehingga mampu memberikan perhitungan jarak dan estimasi jalur yang efisien meskipun pada jaringan graf yang kompleks. Antarmuka aplikasi dirancang sederhana, interaktif, dan user-friendly, memungkinkan pengguna menavigasi peta, mengakses detail tiap fasilitas kesehatan, serta memperoleh petunjuk arah secara intuitif. Pada saat pengguna pertama kali masuk, halaman beranda menampilkan gambaran umum mengenai peran sistem sebagai platform informasi geospasial untuk memetakan persebaran fasilitas kesehatan pendukung BPJS Kesehatan, disertai tombol "Cari Faskes Terdekat" yang berfungsi sebagai pintasan cepat untuk mengidentifikasi lokasi layanan kesehatan paling dekat dari posisi pengguna secara akurat dan real time.



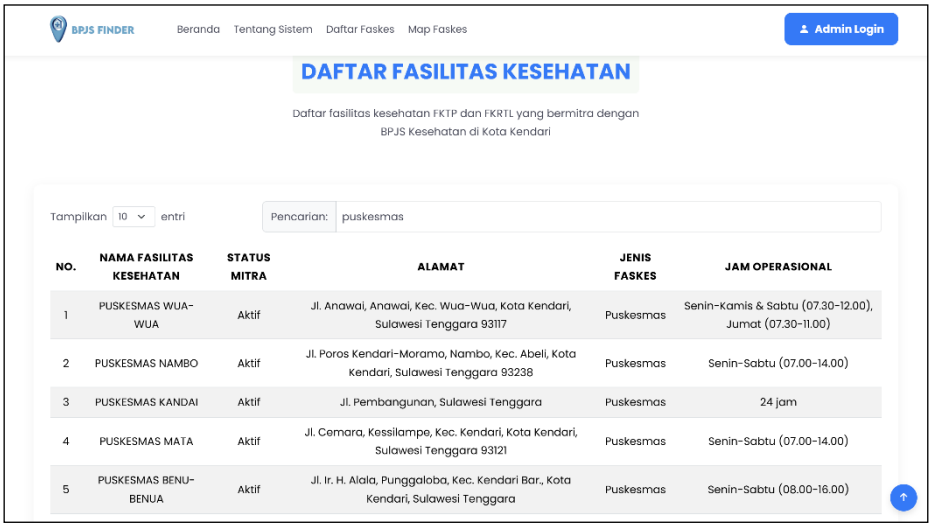
Gambar 1. Halaman Beranda Sistem

Halaman Tentang Sistem menampilkan tujuan utama BPJS *Finder* sebagai sistem informasi geospasial yang membantu masyarakat Kota Kendari menemukan fasilitas kesehatan mitra BPJS. Sistem ini dilengkapi fitur Map Faskes berbasis WebGIS dan algoritma *Bellman-Ford* untuk menampilkan lokasi serta menentukan rute tercepat menuju faskes secara akurat dan efisien.



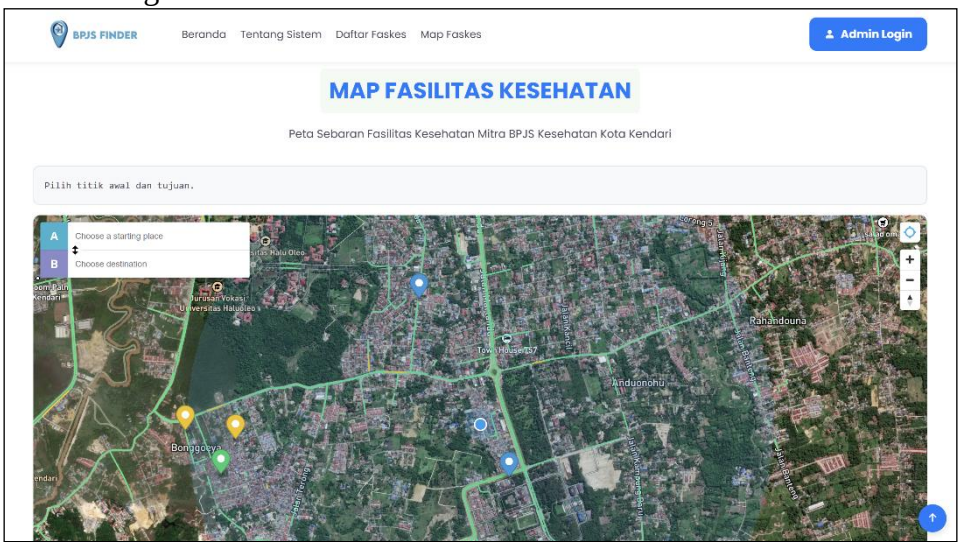
Gambar 1. Halaman Tentang Sistem

Halaman Daftar Fasilitas Kesehatan menampilkan tabel berisi informasi fasilitas kesehatan (FKTP dan FKRTL) yang bermitra dengan BPJS Kesehatan di Kota Kendari. Data yang ditampilkan mencakup nama fasilitas kesehatan, status mitra, alamat, jenis faskes, serta jam operasional. Halaman ini juga dilengkapi fitur pencarian dan pengaturan jumlah data yang ditampilkan, sehingga memudahkan pengguna dalam menemukan informasi faskes yang dibutuhkan secara cepat dan efisien.



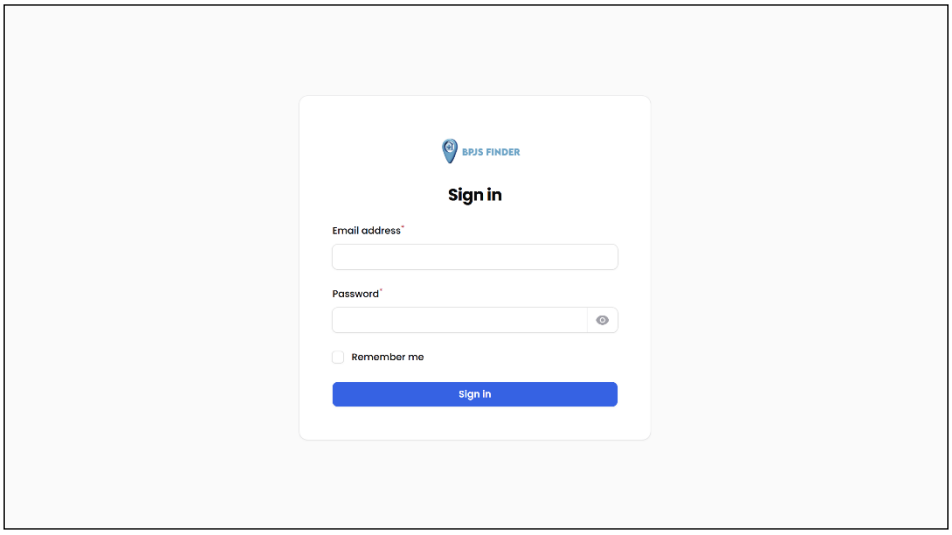
Gambar 2. Halaman Daftar Fasilitas Kesehatan

Halaman Map Fasilitas Kesehatan menampilkan peta sebaran fasilitas kesehatan mitra BPJS Kesehatan di Kota Kendari berbasis data geospasial. Pada halaman ini, pengguna dapat memilih titik awal dan tujuan untuk melihat rute tercepat menuju fasilitas kesehatan yang diinginkan. Sistem memanfaatkan algoritma *Bellman-Ford* dalam perhitungan jalur terpendek dengan mempertimbangkan bobot jarak dan kondisi rute. Tampilan peta interaktif ini membantu pengguna memperoleh informasi lokasi dan arah secara visual, akurat, dan mudah digunakan.



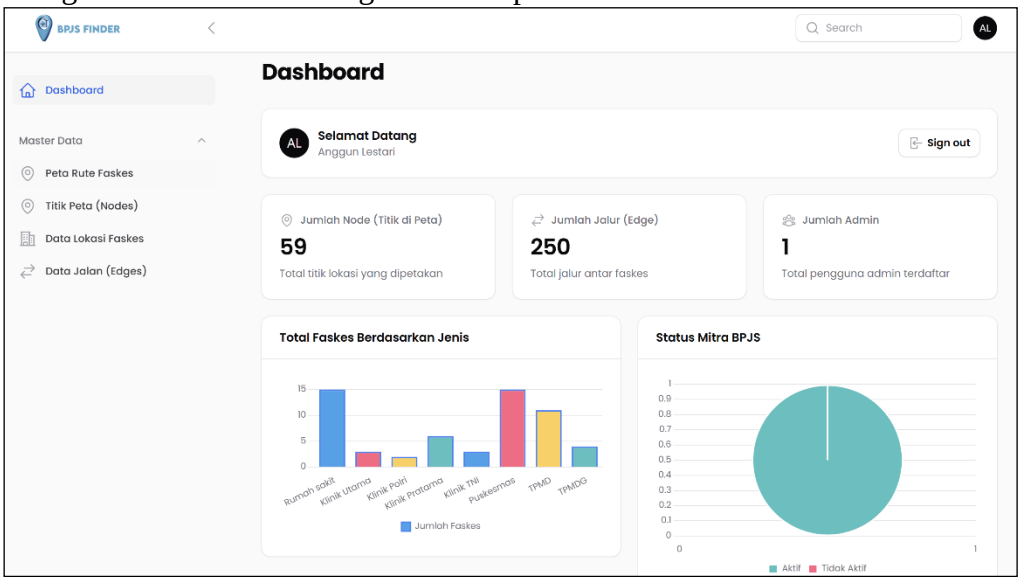
Gambar 3. Halaman Map Fasilitas Kesehatan

Halaman *Login* pada sistem BPJS *Finder* berfungsi sebagai pintu masuk autentikasi bagi admin sebelum mengakses sistem. Pada halaman ini, admin perlu mengisi alamat email dan kata sandi pada kolom yang disediakan. Fitur *"Remember me"* tersedia untuk memudahkan pengguna agar tetap masuk tanpa perlu melakukan login ulang pada sesi selanjutnya. Setelah seluruh data dimasukkan, proses autentikasi dilakukan dengan menekan tombol *"Sign in"*.



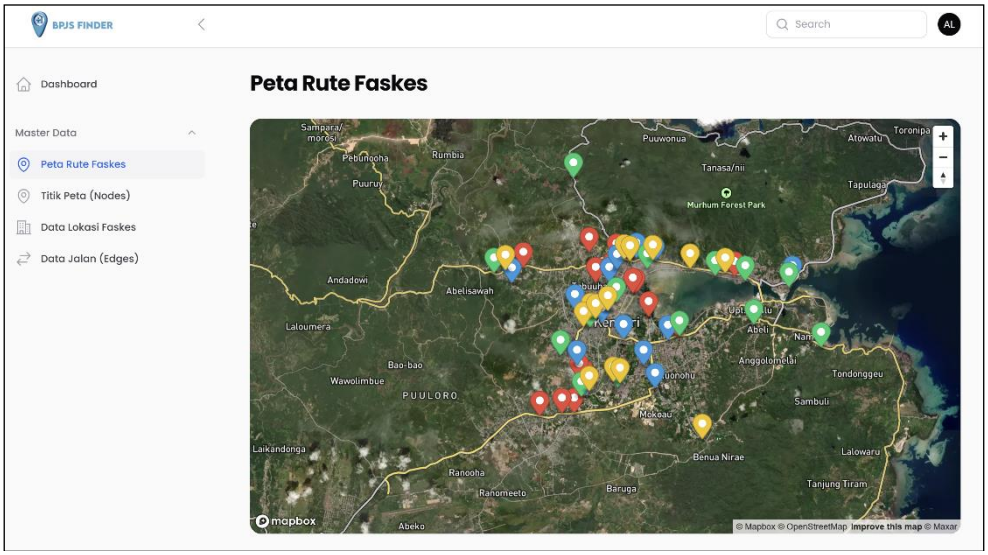
Gambar 4. Halaman *Login* Admin

Halaman *Dashboard* pada sistem BPJS *Finder* berfungsi sebagai tampilan ringkasan data utama mengenai fasilitas kesehatan mitra BPJS di Kota Kendari. Data yang ditampilkan mencakup jumlah titik lokasi (*node*), jumlah jalur penghubung antar faskes (*edge*), dan jumlah admin yang terdaftar. Selain itu, *dashboard* juga menyajikan grafik batang untuk memperlihatkan jumlah faskes berdasarkan jenisnya serta diagram lingkaran yang menampilkan status kemitraan BPJS. Tampilan ini membantu admin dalam memantau dan menganalisis informasi dengan lebih cepat dan informatif.



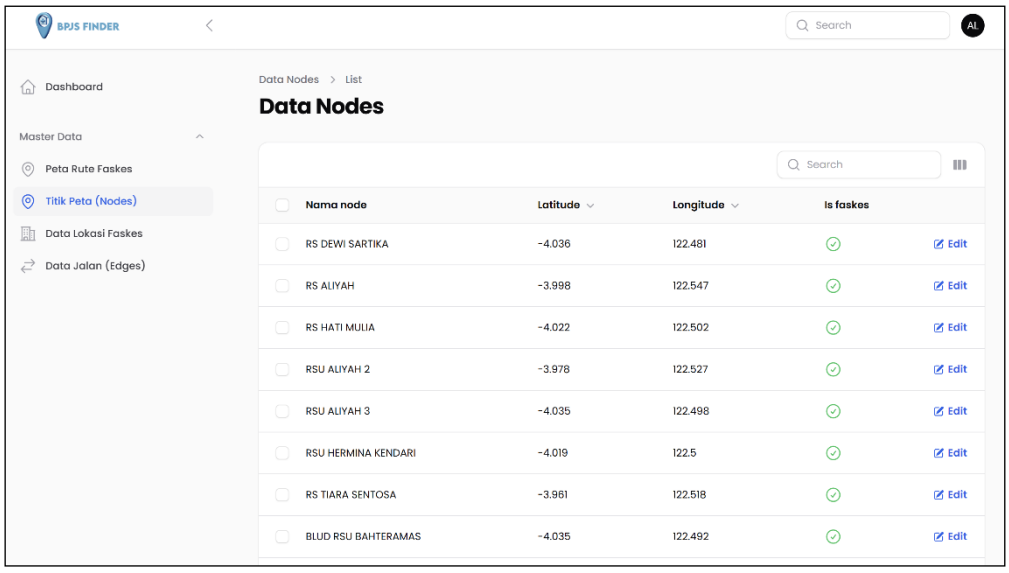
Gambar 5. Halaman *Dashboard* Admin

Halaman Peta Rute Faskes pada aplikasi BPJS *Finder* menyajikan peta interaktif yang menampilkan persebaran fasilitas kesehatan mitra BPJS di Kota Kendari. Setiap jenis faskes diberi penanda (*marker*) dengan warna berbeda, yaitu kuning untuk apotek atau praktik dokter, hijau untuk puskesmas, biru untuk klinik, dan merah untuk rumah sakit. Tampilan ini memudahkan admin dalam mengenali lokasi.



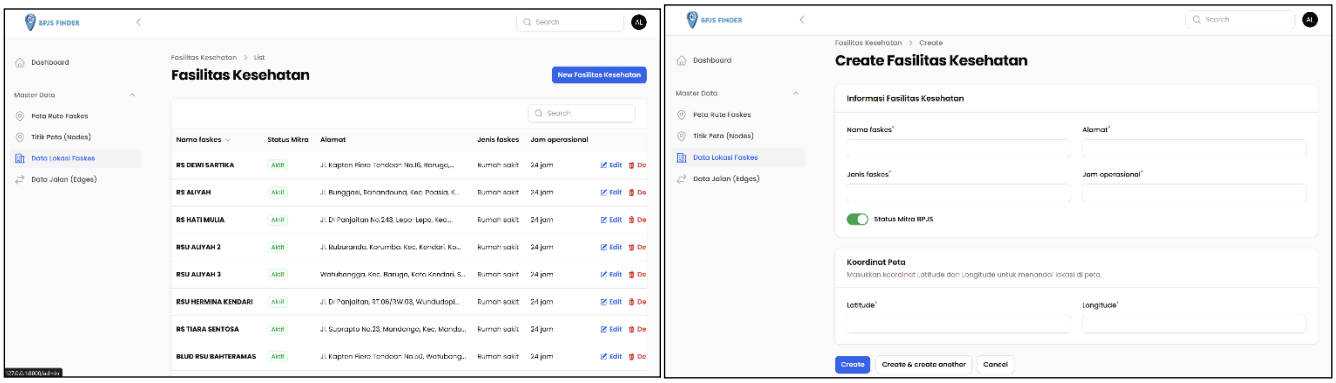
Gambar 6. Halaman Peta Rute Faskes Admin

Halaman Titik Peta pada sistem BPJS *Finder* menampilkan daftar titik lokasi fasilitas kesehatan yang terdaftar dalam sistem pemetaan. Setiap titik berisi informasi berupa nama fasilitas, koordinat *latitude* dan *longitude*, serta status is faskes yang menunjukkan apakah titik tersebut merupakan fasilitas kesehatan resmi. Pada halaman ini, admin tidak hanya dapat mengedit data melalui tombol Edit, tetapi juga memiliki akses untuk menghapus data yang tidak relevan. Selain itu, tersedia kolom pencarian di bagian kanan atas yang memudahkan admin dalam menemukan data titik tertentu secara cepat dan efisien. Halaman ini berfungsi sebagai pusat pengelolaan data koordinat yang menjadi dasar pemetaan dan analisis rute antar fasilitas kesehatan.



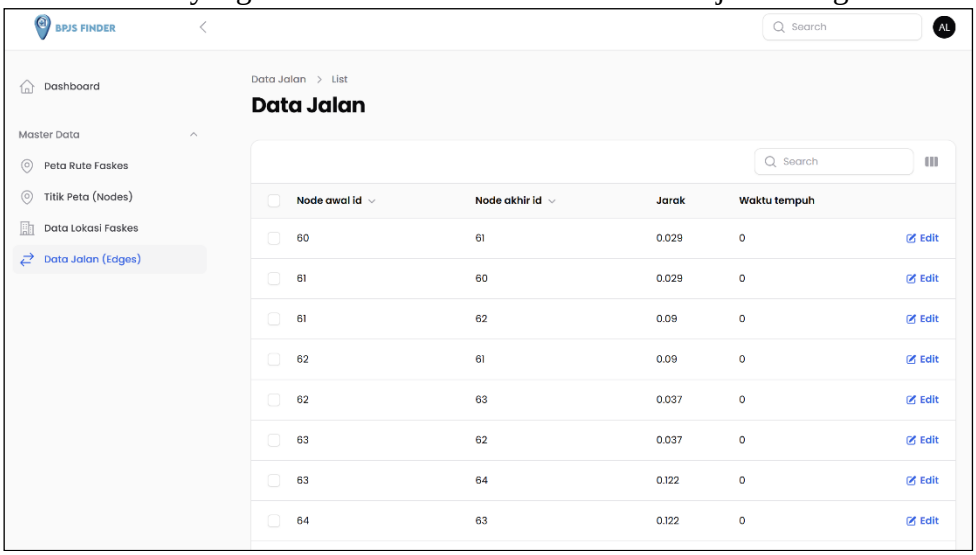
Gambar 7. Halaman Titik Peta

Halaman Data Lokasi Faskes pada aplikasi BPJS *Finder* menampilkan daftar fasilitas kesehatan mitra BPJS di Kota Kendari yang mencakup nama faskes, status kemitraan, alamat, jenis faskes, dan jam operasional. Admin dapat menambah data baru melalui tombol "*New* Fasilitas Kesehatan", yang akan mengarahkan ke halaman *Create* Fasilitas Kesehatan berisi *form* untuk mengisi informasi seperti nama faskes, alamat, jenis faskes, jam operasional, status mitra BPJS, serta koordinat peta (*latitude* dan *longitude*). Selain itu, admin juga dapat melakukan pengeditan atau penghapusan data melalui tombol Edit dan *Delete*, serta menggunakan fitur pencarian di pojok kanan atas untuk memudahkan pencarian data.



Gambar 8. Halaman Data dan Tambah Data Lokasi Faskes

Halaman Data Jalan (*Edges*) pada sistem BPJS *Finder* digunakan untuk menampilkan daftar koneksi antar titik (node) yang membentuk jaringan jalan pada peta sistem. Setiap entri pada tabel memuat informasi berupa Node Awal ID, Node Akhir ID, Jarak, dan Waktu Tempuh, yang menggambarkan hubungan antar lokasi fasilitas kesehatan atau titik peta. Admin dapat melakukan perubahan data dengan menekan tombol Edit di sisi kanan tabel untuk memperbarui nilai jarak maupun waktu tempuh. Selain itu, terdapat fitur pencarian di bagian kanan atas yang membantu admin menemukan data jalan dengan lebih cepat dan efisien.



Gambar 10. Halaman Data Jalan

Implementasi Algoritma *Bellman-Ford*

Algoritma *Bellman-Ford* diterapkan untuk mengoptimalkan penentuan rute menuju fasilitas kesehatan mitra BPJS Kesehatan terdekat dari lokasi pengguna. Algoritma ini bekerja dengan prinsip relaksasi pada setiap sisi graf secara berulang untuk menemukan jarak terpendek dari satu titik asal ke seluruh titik tujuan, termasuk ketika terdapat bobot negatif pada jalur tertentu. Proses optimasi diawali dengan inisialisasi jarak awal dari simpul sumber ke seluruh simpul lain, kemudian dilakukan pembaruan nilai jarak jika ditemukan jalur yang lebih pendek melalui simpul lain. Proses ini berlangsung secara iteratif hingga tercapai kondisi penghentian, seperti telah melewati jumlah iterasi maksimum atau tidak terjadi perubahan nilai jarak secara signifikan. Implementasi algoritma *Bellman-Ford* dalam sistem ini bertujuan untuk menghasilkan rute terpendek secara akurat dan efisien menuju fasilitas kesehatan, dengan mempertimbangkan kondisi dinamis seperti jarak tempuh, hambatan lalu lintas, yang dapat dimodelkan dalam bobot jalur. Dengan demikian, sistem dapat memberikan rekomendasi rute tercepat dan paling optimal bagi pengguna dalam mengakses layanan kesehatan terdekat.

Tabel 1. *Source Code* Perhitungan Jarak Antar Titik

Kode

```
public function findSingleRoute(Request $request)
{
   $request->validate([
      'origin_lon' => 'required|numeric',
      'origin_lat' => 'required|numeric',
      'dest_lon'   => 'required|numeric',
      'dest_lat'   => 'required|numeric',
   ]);

   $minLat = -4.035;
   $maxLat = -3.995;
   $minLon = 122.500;
   $maxLon = 122.545;

   $nodesInKambu = Node::whereBetween('latitude', [$minLat, $maxLat])
                  ->whereBetween('longitude', [$minLon, $maxLon])
                  ->get();

   if ($nodesInKambu->isEmpty()) {
      return response()->json(['error' => 'Tidak ada titik peta (node) yang ditemukan di wilayah Kecamatan Kambu.'], 404);
   }

   $nodeIdsInKambu = $nodesInKambu->pluck('id_node')->toArray();

   $startNode = $nodesInKambu->sortBy(function ($node) use ($request) {
      return $this->haversineDistance(
         $request->origin_lat,
         $request->origin_lon,
         $node->latitude,
         $node->longitude
      );
   })->first();

   $destinationNode = $nodesInKambu->sortBy(function ($node) use ($request) {
      return $this->haversineDistance(
         $request->dest_lat,
         $request->dest_lon,
         $node->latitude,
         $node->longitude
      );
   })->first();

   if (!$startNode || !$destinationNode) {
      return response()->json(['error' => 'Titik awal atau tujuan tidak ditemukan
```

```
dalam jangkauan Kecamatan Kambu.'], 404);
    }

    $graph = [];
    Edge::whereIn('node_awal_id', $nodeIdsInKambu)
        ->whereIn('node_akhir_id', $nodeIdsInKambu)
        ->chunkById(500, function ($edges) use (&$graph) {
            foreach ($edges as $edge) {
                $graph[] = [
                    'source'      => $edge->node_awal_id,
                    'destination' => $edge->node_akhir_id,
                    'weight'      => (float) $edge->jarak,
                ];
            }
        });

    $result = $this->bellmanFord(
        $graph,
        $nodeIdsInKambu,
        $startNode->id_node,
        $destinationNode->id_node
    );

    if ($result['distance'] === INF) {
        return response()->json(['error' => 'Rute tidak ditemukan di dalam
Kecamatan Kambu.'], 404);
    }

    $coordinates = [];
    $allNodes = $nodesInKambu->keyBy('id_node');

    foreach ($result['path'] as $nodeId) {
        $node = $allNodes->get($nodeId);
        if ($node) {
            $coordinates[] = [$node->longitude, $node->latitude];
        }
    }

    $routeGeoJson = [
        'type' => 'Feature',
        'geometry' => [
            'type'        => 'LineString',
            'coordinates' => $coordinates,
        ],
    ];

    return response()->json($routeGeoJson);
}
```

Source code pada Tabel 1 menunjukkan proses perhitungan jarak dan penentuan rute antar titik menggunakan algoritma *Bellman-Ford* pada wilayah Kecamatan Kambu. Fungsi *findSingleRoute*() menerima *input* koordinat titik asal dan tujuan (*latitude* dan *longitude*), kemudian melakukan validasi data. Selanjutnya, sistem mencari node (titik peta) yang berada dalam rentang koordinat wilayah Kambu dan menentukan node awal serta node tujuan berdasarkan jarak terdekat menggunakan rumus *Haversine Distance*. Setelah itu, data jalur antar node (*edges*) diambil dan disusun dalam bentuk graf, yang kemudian diproses oleh algoritma Bellman-Ford untuk menghitung rute terpendek antara dua titik. Hasil perhitungan jarak tersebut dikembalikan dalam format GeoJSON LineString yang dapat ditampilkan sebagai garis rute di peta digital.

Tabel 2. *Source Code* Perhitungan Jarak Menggunakan Rumus Haversine

Kode

```
private function haversineDistance($lat1, $lon1, $lat2, $lon2)
{
    $earthRadius = 6371;
    $dLat = deg2rad($lat2 - $lat1);
    $dLon = deg2rad($lon2 - $lon1);

    $a = sin($dLat / 2) * sin($dLat / 2)
        + cos(deg2rad($lat1)) * cos(deg2rad($lat2))
        * sin($dLon / 2) * sin($dLon / 2);

    $c = 2 * atan2(sqrt($a), sqrt(1 - $a));
    return $earthRadius * $c;
}
```

Source code pada Tabel 2 merupakan fungsi untuk menghitung jarak antara dua titik koordinat geografis menggunakan rumus Haversine. Fungsi haversineDistance() menerima empat parameter yaitu lintang dan bujur dari titik pertama (lat1, lon1) dan titik kedua (lat2, lon2). Rumus ini memperhitungkan kelengkungan bumi dengan menggunakan jari-jari bumi (*earthRadius* = 6371 km) untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Prosesnya dimulai dengan mengonversi selisih lintang dan bujur menjadi radian, kemudian menghitung nilai variabel a yang merepresentasikan jarak angular antara dua titik di permukaan bumi. Nilai tersebut diolah menggunakan fungsi trigonometri atan2() untuk memperoleh jarak dalam satuan kilometer. Dengan demikian, fungsi ini menghasilkan jarak lurus terpendek antara dua titik di permukaan bumi berdasarkan koordinat *latitude* dan *longitude*.

Tabel 3. *Source Code* Algoritma *Bellman-Ford*

Kode

```
private function bellmanFord($graph, $nodeIds, $sourceId, $destinationId)
{
    $distances = [];
    $predecessor = [];

    foreach ($nodeIds as $id) {
        $distances[$id] = INF;
        $predecessor[$id] = null;
    }

    $distances[$sourceId] = 0;
    $vertexCount = count($nodeIds);
```

```
    for ($i = 1; $i < $vertexCount; $i++) {
        foreach ($graph as $edge) {
            if (
                isset($distances[$edge['source']]) &&
                $distances[$edge['source']] !== INF &&
                isset($distances[$edge['destination']]) &&
                $distances[$edge['source']] + $edge['weight'] < $distances[$edge['destination']]
            ) {
                $distances[$edge['destination']] = $distances[$edge['source']] + $edge['weight'];
                $predecessor[$edge['destination']] = $edge['source'];
            }
        }
    }

    $path = [];
    $current = $destinationId;

    while ($current !== null && isset($predecessor[$current])) {
        array_unshift($path, $current);
        if ($current == $sourceId) {
            break;
        }
        $current = $predecessor[$current];
    }

    if ($current == $sourceId && !in_array($sourceId, $path)) {
        array_unshift($path, $sourceId);
    }

    if (!empty($path) && $path[0] == $sourceId) {
        return [
            'distance' => $distances[$destinationId],
            'path' => $path
        ];
    }

    return [
        'distance' => INF,
        'path' => []
    ];
}
```

Kode pada Tabel 3 menunjukkan implementasi algoritma *Bellman-Ford* yang digunakan untuk menghitung jarak terpendek antara dua titik (node) dalam suatu graf berbobot. Fungsi ini menerima parameter berupa struktur graf, daftar simpul (*nodeIds*), serta titik awal (*sourceId*) dan titik tujuan (*destinationId*). Pada tahap awal, setiap simpul diinisialisasi dengan jarak tak hingga (*INF*) dan tanpa pendahulu, kecuali simpul awal yang diberi jarak nol. Selanjutnya, dilakukan proses relaksasi berulang

sebanyak jumlah simpul dikurangi satu, di mana setiap sisi (*edge*) graf diperiksa untuk memperbarui jarak minimum jika ditemukan jalur yang lebih pendek. Setelah seluruh iterasi selesai, fungsi akan menelusuri kembali jalur terpendek dari simpul tujuan ke simpul asal menggunakan daftar pendahulu, kemudian membentuk lintasan lengkap (*path*) beserta total jaraknya. Apabila jalur ditemukan, fungsi mengembalikan nilai jarak dan lintasan tersebut, sedangkan jika tidak ditemukan, fungsi mengembalikan jarak tak hingga dengan jalur kosong.

Pengujian Kelayakan Sistem *User Acceptance Testing* (UAT)

Berbasis pada pengujian User Acceptance Testing (UAT) yang melibatkan dua kelompok responden (admin dan pengguna umum) hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem BPJS Finder telah memenuhi standar kelayakan yang sangat baik dari aspek fungsionalitas, kemudahan penggunaan, antarmuka, serta kinerja pemrosesan informasi. Pada kelompok admin, sistem dinilai mampu mendukung seluruh aktivitas pengelolaan data fasilitas kesehatan melalui fitur CRUD, validasi input, navigasi menu, hingga manajemen data geospasial (nodes dan edges) secara efektif dan akurat. Nilai kelayakan sebesar 87,11% menegaskan bahwa sistem tidak hanya berfungsi dengan benar, tetapi juga telah memenuhi ekspektasi operasional dalam mendukung tugas administratif. Sementara itu, pada kelompok pengguna umum, mayoritas responden menilai bahwa sistem sangat mudah diakses, menu berfungsi tanpa error, dan fitur peta interaktif mampu memberikan informasi lokasi serta rute terpendek secara akurat. Persentase kelayakan 93,14% menunjukkan penerimaan yang sangat tinggi, menandai bahwa sistem telah memfasilitasi kebutuhan navigasi dan pencarian fasilitas kesehatan secara optimal.

Secara keseluruhan, hasil UAT dari kedua kelompok pengguna menunjukkan bahwa sistem BPJS Finder telah mencapai tingkat penerimaan yang sangat baik berdasarkan kriteria penilaian yang digunakan, yaitu berada pada rentang 81–100%. Klasifikasi ini mengindikasikan bahwa sistem telah memberikan performa yang konsisten, relevan, dan dapat diandalkan oleh dua segmen pengguna dengan kebutuhan berbeda. Keberhasilan ini dapat dilihat dari skor tinggi di hampir seluruh indikator, baik pada aspek kemudahan navigasi, keakuratan data, kecepatan pemrosesan, maupun tampilan antarmuka yang user-friendly. Dengan demikian, hasil pengujian ini menjadi dasar yang kuat bahwa sistem siap untuk diimplementasikan lebih luas sebagai alat bantu pemetaan dan navigasi fasilitas kesehatan berbasis algoritma Bellman-Ford, serta layak untuk dikembangkan lebih lanjut dengan peningkatan performa pada area yang masih dapat dioptimalkan, seperti kecepatan pemrosesan pencarian bagi sebagian pengguna.

Pengujian Akurasi Solusi (*Correctness Test*)

Pengujian Akurasi Solusi (Correctness Test) dalam penelitian ini dilakukan untuk memastikan bahwa keluaran sistem, khususnya hasil perhitungan rute menggunakan algoritma *Bellman-Ford* mendekati kondisi geografis sebenarnya, dengan cara membandingkan jarak hasil algoritma dengan jarak rute aktual yang diperoleh dari Google Maps. Hasil pengujian per segmen menunjukkan bahwa jarak yang dihitung sistem relatif akurat meskipun lebih pendek dibandingkan hasil manual, dengan selisih 21,5% pada Segmen 1 dan 28,3% pada Segmen 2, yang dapat dijelaskan oleh perbedaan metode perhitungan: Google Maps menggunakan jaringan jalan riil, sedangkan sistem menggunakan jarak Euclidean berbasis koordinat. Pada pengujian jarak total, hasil algoritma tercatat 26,2% lebih pendek dari jarak aktual, namun deviasi ini tetap dapat diterima untuk kebutuhan analisis spasial awal karena merefleksikan sifat graf berbobot yang tidak memodelkan kelok jalan secara penuh. Secara keseluruhan, evaluasi menunjukkan bahwa algoritma Bellman-Ford bekerja konsisten, efisien, dan adaptif dalam menentukan rute terpendek pada graf spasial fasilitas kesehatan, dengan akurasi yang cukup baik untuk mendukung pemetaan geospasial layanan BPJS di Kota Kendari meskipun tetap memerlukan penyesuaian terhadap kompleksitas jaringan jalan aktual.

SIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan proses perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem WebGIS “BPJS Finder” terbukti layak, akurat, dan fungsional dalam memetakan sebaran fasilitas kesehatan serta menentukan rute terpendek menggunakan algoritma Bellman-Ford, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil

UAT yang memperoleh kategori sangat baik pada pengguna admin maupun masyarakat serta tingkat akurasi rute yang efisien dibandingkan data manual; meskipun demikian, keterbatasan algoritma terkait kompleksitas komputasi pada jaringan jalan yang lebih besar menunjukkan perlunya pengembangan lanjutan. Ke depan, sistem disarankan untuk dibandingkan atau dikombinasikan dengan algoritma yang lebih optimal seperti Dijkstra, A*, atau Genetic Algorithm, serta diperluas dengan integrasi data lalu lintas real-time dan pengembangan versi mobile agar lebih mudah diakses. Pengayaan fitur seperti filter kategori fasilitas kesehatan, pencarian berbasis radius, dan navigasi otomatis juga diharapkan meningkatkan pengalaman pengguna. Dengan langkah-langkah pengembangan tersebut, sistem WebGIS ini berpotensi menjadi solusi yang lebih adaptif, efisien, dan skalabel dalam mendukung akses dan pengelolaan layanan kesehatan di Kota Kendari maupun wilayah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Agitha, N., & Afwani, R. (2021). Rancang Bangun Sistem Informasi Assessment Risiko Tahanan Berbasis Web Menggunakan Metode Rational Unified Process (Studi Kasus: Lembaga Pemasyarakatan Kelas IIB Selong). *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, Dan Aplikasinya (JTIKA)*, *3*(2), 155–166.

Ajitama, R., & Widyaningsih, P. (2025). Integrasi Sistem Informasi Geografis Pada Sistem Pengaduan Masyarakat Berbasis Web. *Infotek: Jurnal Informatika Dan Teknologi*, *8*(2), 585–595.

Alayda, N. F., Aulia, C. M., Ritonga, E. R., & Purba, S. H. (2024). Literature Review: Analisis Dampak Kebijakan Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) Terhadap Akses dan Kualitas Pelayanan Kesehatan. *Jurnal Kolaboratif Sains*, *7*(7), 2616–2626.

Astuti, E. K. (2020). Peran BPJS Kesehatan Dalam Mewujudkan Hak Atas Pelayanan Kesehatan Bagi Warga Negara Indonesia. *JPeHI: Jurnal Penelitian Hukum Indonesia*, *01*(01), 55–65.

Erkamim, M., Mukhlis, I. R., Putra, P., Adiwarman, M., Rassarandi, F. D., Rumata, N. A., Arrofiqoh, E. N., KN, A. R., Chusnayah, F., & Paddiyatu, N. (2023). *Sistem Informasi Geografis (SIG): Teori Komprehensif SIG*. PT. Green Pustaka Indonesia.

Fitriani, S., Notiragayu, Wamiliana, & Faisol, A. (2022). Penerapan Algoritma Bellman-Ford dalam Menentukan Rute Terpendek Objek Wisata Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Siger Matematika*, *03*(02), 53–60.

Hadjaratie, L., Daud, A. J. R., Polin, M., Dwinanto, A., Dai, R. H., Pakaya, N., & Padiku, I. R. (2023). Pendekatan rational unified process dalam pengembangan sistem informasi berbasis web mobile. *Jambura Journal of Informatics*, *5*(2), 120–130.

Hasrillah, Cikusin, Y., & Hayat. (2021). Implementasi Pelayanan Kesehatan Masyarakat Melalui Program Bpjs Kesehatan(Studi Pada Puskesmas Kedungkandang Kota Malang). *Jurnal Inovasi Penelitian*, *1*(12), 2869–2882.

Perrina, M. G. (2021). Literature Review Sistem Informasi Geografis (SIG). *Journal of Information Technology and Computer Science*, *10*(10), 1–4.

Soraya, S., Syamanta, T., Harahap, H. S. R. B., Coovadia, C., & Greg, M. (2023). Impact of the national health insurance program (JKN) on access to public health services: A comprehensive analysis. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Humaniora*, *12*(3), 133–151.

Sugiharto, T., Riyadi, L. S., Budianto, H., & Irawan, D. (2022). Implementasi Algoritma Multiplicative Congruential Random Number Generator Pada Aplikasi Seleksi Mojang Jajaka. *J. MEDIA Inform. BUDIDARMA*, *6*(4), 2479–2489.

Susanti, G., Iva, M. I. N., Yani, A. A., & Hidayat, A. R. (2022). Assessing the national health insurance system: a study of the implementation of health insurance policy in Indonesia. *Public Policy and Administration*, *21*(4).

Wulandari, T., Sihombing, V., & Bangun, B. (2025). Pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk Manajemen Infrastruktur Perkotaan. *Jurnal Sistem Informasi, Teknik Informatika Dan Teknologi Pendidikan*, *4*(2), 46–50.