

SKRIPSI

MODULARISASI ALGORITMA SHORTEST PATH PADA PERANGKAT LUNAK KIRI MENGGUNAKAN STRATEGY PATTERN



Muhammad Aldi Rivandi

NPM: 6182001029

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2025

UNDERGRADUATE THESIS

**MODULARIZATION OF THE SHORTEST PATH ALGORITHM
ON KIRI SOFTWARE USING STRATEGY PATTERN**



Muhammad Aldi Rivandi

NPM: 6182001029

**DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2025**

ABSTRAK

«Tuliskan abstrak anda di sini, dalam bahasa Indonesia»

Kata-kata kunci: «Tuliskan di sini kata-kata kunci yang anda gunakan, dalam bahasa Indonesia»

ABSTRACT

«Tuliskan abstrak anda di sini, dalam bahasa Inggris»

Keywords: «Tuliskan di sini kata-kata kunci yang anda gunakan, dalam bahasa Inggris»

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 KIRI [1]	5
2.2 Design Pattern dan Strategy Pattern [2]	6
2.2.1 Contoh Kode Program	8
2.3 MySQL [3]	9
2.3.1 LineString [3]	11
2.4 Graf [4]	12
2.4.1 Graf Berarah dan Graf Tidak Berarah [4]	13
2.4.2 Graf Berbobot dan Graf Tidak Berbobot [4]	13
2.5 Algoritma Shortest Path	14
2.5.1 Algoritma Dijkstra [5]	15
2.5.2 Algoritma Floyd-Warshall [5]	17
2.5.3 Algoritma A* [6]	19
3 ANALISIS	23
3.1 Analisis Sistem Kini	23
3.1.1 Analisis Kelas	24
3.1.2 Pemodelan Graf	38
3.2 Analisis Sistem Usulan	39
3.2.1 Implementasi Strategy Pattern	40
3.2.2 Implementasi Algoritma A* dan Algoritma Floyd-Warshall	40
4 PERANCANGAN	41
4.1 Perancangan Kelas	41
4.2 Perancangan Antarmuka	42
4.3 Perancangan Protokol	43
5 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	45
5.1 Implementasi	45
5.1.1 Lingkungan Perangkat Keras	45
5.1.2 Lingkungan Perangkat Lunak	45

5.1.3	Penjelasan Kode Program	46
5.1.4	Implementasi Antarmuka	52
5.2	Pengujian Fungsional dan Eksperimental	52
5.2.1	Pengujian Fungsional	52
5.2.2	Pengujian Eksperimental	57
DAFTAR REFERENSI		59
A KODE PROGRAM		61
B HASIL EKSPERIMEN		85

DAFTAR GAMBAR

1.1	Tampilan halaman perangkat lunak KIRI	1
1.2	Tampilan perangkat lunak KIRI, setelah menerima masukan	2
2.1	Tampilan awal perangkat lunak KIRI	5
2.2	Tampilan perangkat lunak KIRI, setelah menerima masukan	6
2.3	Struktur Strategy Pattern	7
2.4	Graf	12
2.5	Graf Berarah	13
2.6	Graf Tidak Berbobot	14
3.1	Struktur Kelas NewMenjangan	23
3.2	Rute Ciroyom – Cicuheum	39
3.3	Struktur Strategy Pattern	40
4.1	Perancangan Kelas	41
4.2	Rancangan Antarmuka	42
5.1	Hasil Implementasi Antarmuka	52
5.2	Kondisi Saat Algoritma Floyd-Warshall Tidak Berhasil Dijalankan	53
5.3	Error Yang Menyebabkan Algoritma Floyd-Warshall Tidak Berhasil Dijalankan	53
5.4	Hasil Pengujian Algoritma Dijkstra	54
5.5	Hasil Pengujian Algoritma Floyd-Warshall	55
5.6	Hasil Pengujian Algoritma A-Star Jalur 1	56
5.7	Hasil Pengujian Algoritma A-Star Jalur 2	56
5.8	Hasil Pengujian Algoritma A-Star Jalur 3	57
B.1	Hasil 1	85
B.2	Hasil 2	85
B.3	Hasil 3	85
B.4	Hasil 4	85

1

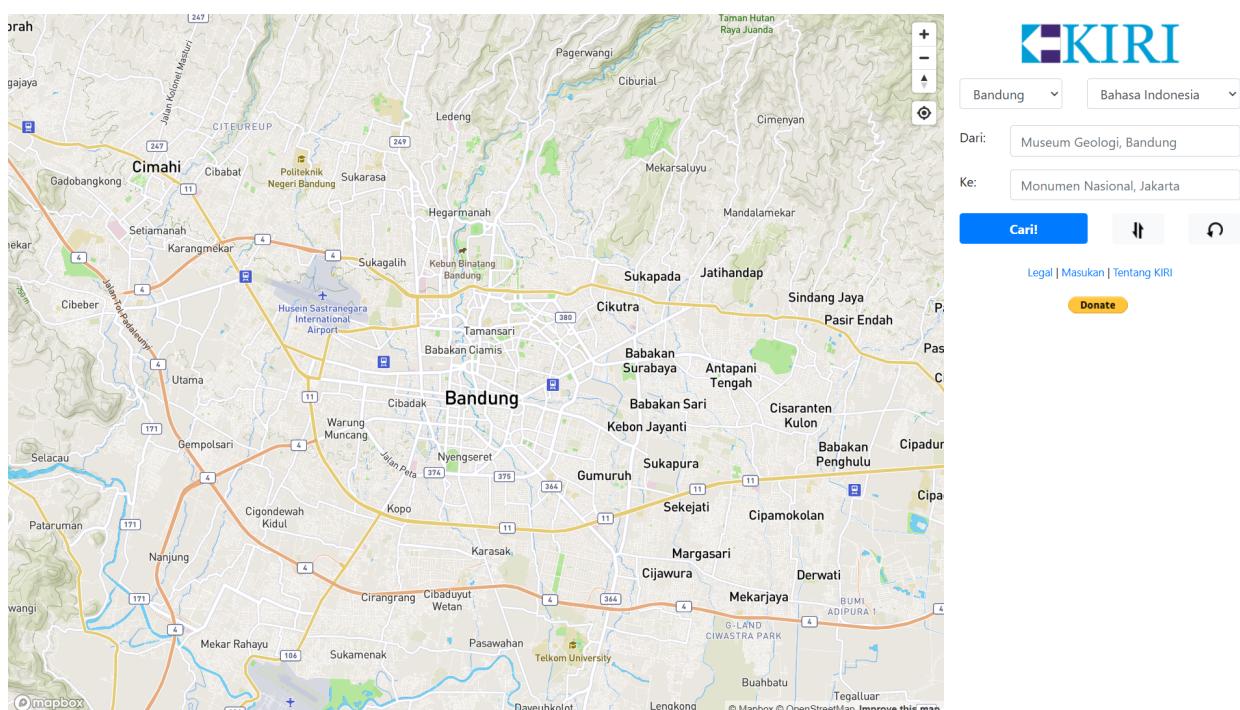
BAB 1

2

PENDAHULUAN

3 1.1 Latar Belakang

- 4 Perangkat lunak KIRI¹ (lihat Gambar 1.1) adalah perangkat lunak berbasis *web* yang dirancang
5 untuk membantu pengguna menemukan rute perjalanan ketika menggunakan angkot untuk di
6 Bandung serta TransJakarta dan Commuterline untuk di DKI Jakarta. Pada perangkat lunak
7 KIRI, pengguna dapat memasukkan titik awal perjalanan dan titik tujuan. KIRI kemudian akan
mencari berbagai alternatif rute yang bisa digunakan untuk mencapai tujuan tersebut.

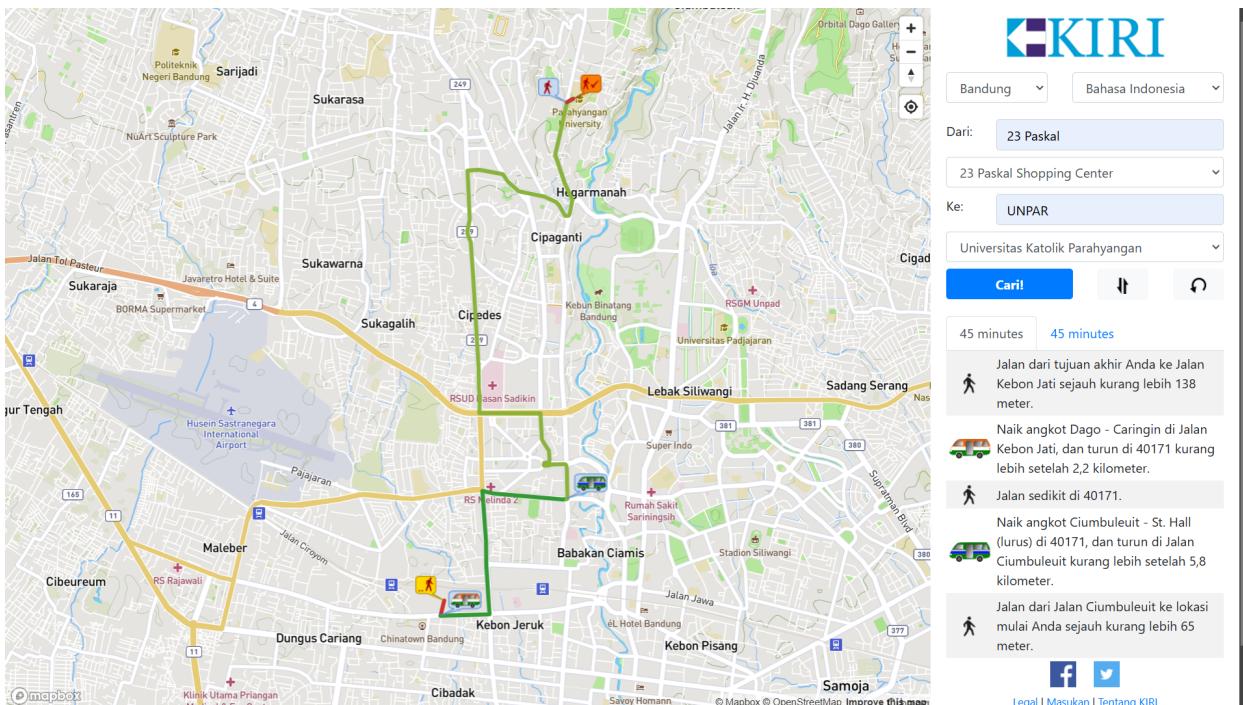


Gambar 1.1: Tampilan halaman perangkat lunak KIRI

8

- 9 KIRI akan memberikan informasi mengenai langkah-langkah yang harus ditempuh oleh pengguna
10 yang akan bepergian dari suatu tempat ke tempat tujuannya, mulai dari seberapa jauh pengguna
11 harus berjalan untuk menaiki angkot yang bersangkutan, di mana pengguna harus naik atau turun
12 angkot tersebut, seberapa jauh lagi pengguna harus berjalan sampai ke lokasi tujuan, dan seberapa
13 lama estimasi waktu perjalanan yang akan ditempuh (lihat Gambar 1.2).

¹<https://projectkiri.id/> (diakses 14 Februari 2025)



Gambar 1.2: Tampilan perangkat lunak KIRI, setelah menerima masukan

1 Arsitektur aplikasi KIRI terbagi menjadi dua bagian utama. Bagian *frontend*, yang dinamakan
 2 Tirtayasa dan dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP serta mengandalkan basis data
 3 MySQL untuk menyimpan serta mengelola data. Selain itu, Tirtayasa juga menggunakan framework
 4 CodeIgniter 3. Saat menerima permintaan pencarian, Tirtayasa meneruskannya ke bagian *backend*,
 5 yaitu NewMenjangan. Hasil dari NewMenjangan kemudian diformat agar dapat dibaca dengan
 6 baik oleh pengguna. Bagian ini diimplementasikan dalam bahasa pemrograman Java dan berperan
 7 penting dalam perhitungan rute optimal. [1]
 8 NewMenjangan merupakan program *daemon* yang berjalan secara otomatis saat server dinyalakan
 9 dan terus beroperasi hingga server dimatikan. *Daemon* sendiri adalah program komputer yang
 10 berjalan dilatar belakang dan tidak berinteraksi langsung dengan pengguna². Pada saat eksekusi,
 11 NewMenjangan terhubung ke basis data MySQL untuk mengambil data rute angkot yang tersimpan
 12 dalam format LineString. LineString adalah salah satu tipe data geometris dalam MySQL yang
 13 mewakili satu atau lebih segmen garis yang terhubung. LineString terdiri dari urutan titik (*point*)
 14 yang membentuk jalur atau lintasan³. Setiap titik pada LineString merepresentasikan lokasi
 15 potensial untuk penumpang naik atau turun. Dari data tersebut, NewMenjangan membangun
 16 *weighted graph* dalam memori (RAM) dalam bentuk *adjacency list* dan melakukan prakomputasi.
 17 Setiap titik pada LineString menjadi akan *node*, dan antara titik ke-*i* dan titik ke-(*i*+1) dihubungkan
 18 dengan *edge*. Jika ada dua titik dari rute angkot berbeda yang berdekatan (jarak di bawah konstanta
 19 tertentu), maka dibuatkan juga *edge*, yang menunjukkan kemungkinan seseorang dapat turun dari
 20 suatu angkot dan naik ke angkot lainnya untuk meneruskan perjalanan.

²<https://www.ibm.com/docs/en/aix/7.1?topic=processes-> (diakses 14 Februari 2025)

³<https://dev.mysql.com/doc/refman/8.4/en/gis-linestring-property-functions.html> (diakses 14 Februari 2025)

1 Saat NewMenjangan menerima permintaan pencarian dari titik A ke titik B, kedua titik tersebut
2 dijadikan *node* sementara, dan dibuatkan *edge* sementara ke *node-node* yang sudah ada sebelumnya,
3 jika jaraknya di bawah konstanta tertentu. Pencarian jarak terdekat pada graf tersebut dilakukan
4 menggunakan algoritma Dijkstra versi teroptimasi (*priority queue* dengan struktur data *heap*).
5 Proses ini dapat dilakukan secara paralel dengan aman (*thread-safe*) tanpa mengubah graf utama.
6 Seperti pada judul tugas akhir ini, akan dilakukan modularisasi algoritma *shortest path* pada
7 perangkat lunak KIRI menggunakan strategy pattern. Modularisasi adalah membagi perangkat
8 lunak menjadi beberapa komponen yang terpisah, yang disebut modul, yang masing-masing dapat
9 diakses dan diberi nama secara independen tetapi bekerja bersama untuk memenuhi kebutuhan
10 sistem [7]. Saat ini algoritma yang digunakan KIRI masih terikat dengan algoritma Dijkstra. Oleh
11 karena itu, pada tugas akhir ini akan diimplementasikan algoritma lainnya, yaitu algoritma A* dan
12 Floyd-Warshall sebagai *concrete strategy*. Selain itu, akan dilakukan juga penerapan arsitektur kelas
13 *strategy pattern* sehingga aplikasi KIRI akan menjadi lebih fleksibel dalam pemilihan algoritma
14 *shortest path* yang akan digunakan dan juga memudahkan apabila akan dilakukan perubahan atau
15 perbaikan pada suatu algoritma yang digunakan.

16 **1.2 Rumusan Masalah**

17 Rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan adalah sebagai berikut:
18 1. Bagaimana cara melakukan perubahan kode pada NewMenjangan untuk menerapkan strategy
19 pattern?
20 2. Bagaimana mengimplementasikan algoritma A* dan Floyd Warshall sebagai *concrete strategy*?

21 **1.3 Tujuan**

22 Tujuan berdasarkan rumusan masalah yang sudah dipaparkan adalah sebagai berikut:
23 1. Melakukan perubahan arsitektur kelas dengan menerapkan strategy pattern.
24 2. Melakukan implementasi algoritma A* dan Floyd Warshall.

25 **1.4 Batasan Masalah**

26 Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:
27 1. Ukuran graf yang sangat besar sehingga untuk algoritma Floyd-Warshall tidak dapat berjalan
28 dengan baik apabila seluruh data digunakan.

29 **1.5 Metodologi**

30 Metodologi yang akan digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:
31 1. Melakukan eksplorasi fungsi-fungsi dan cara kerja perangkat lunak KIRI.
32 2. Mempelajari modul-modul yang terdapat pada Tirtayasa dan NewMenjangan.
33 3. Mempelajari bahasa pemrograman PHP dan framework CodeIgniter 3.
34 4. Melakukan studi literatur mengenai penerapan arsitektur kelas strategy pattern.
35 5. Mempelajari cara kerja algoritma Dijkstra, A*, dan Floyd Warshall.

- 1 6. Mengubah implementasi algoritma Dijkstra yang sudah ada ke dalam strategy pattern.
- 2 7. Mengimplementasikan algoritma A-star dan Floyd Warshall.
- 3 8. Melakukan pengujian dan eksperimen.
- 4 9. Menulis dokumen tugas akhir.

5 1.6 Sistematika Pembahasan

6 Tugas akhir ini akan disusun menjadi beberapa bab sebagai berikut:

- 7 • **Bab 1:** Pendahuluan

8 Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah,tujuan, batasan masalah, metodologi, dan
9 sistematika pembahasan.

- 10 • **Bab 2:** Landasan Teori

11 Bab ini berisi dasar dari teori-teori yang dibutuhkan dalam penelitian ini, seperti KIRI, *Design*
12 *Pattern* dan *Strategy Pattern*, MySQL, LineString, Graf, dan juga algoritma-algoritma *shortest*
13 *path* yang akan diimplementasikan, yaitu algoritma Dijkstra, algoritma Floyd-Warshall, dan
14 algoritma A*.

- 15 • **Bab 3:** Analisis

16 Bab ini berisi analisis dari sistem KIRI saat ini yang belum mengimplementasikan *Strategy*
17 *Pattern* serta hanya mengimplementasikan algoritma Dijkstra dan juga analisi sistem usulan
18 yang akan mengimplementasikan *Strategy Pattern* serta 2 algoritma *shortest path* lainnya,
19 yaitu algoritma Floyd-Warshall, dan algoritma A*.

- 20 • **Bab 4:** Perancangan

21 Bab ini berisi rancangan dari pengembangan yang akan dilakukan perangkat lunak KIRI.

- 22 • **Bab 5:** Implementasi dan Pengujian

23 Bab ini berisikan pengimplementasian yang akan dilakukan untuk pengembangan perangkat
24 lunak KIRI. Selain itu, bab ini juga berisi pengujian fungsi-fungsi pada perangkat lunak KIRI
25 setelah dilakukan pengembangan.

- 26 • **Bab 6:** Kesimpulan dan Saran

27 Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pengembangan perangkat lunak kiri dan juga saran untuk
28 pengembangan berikutnya.

1

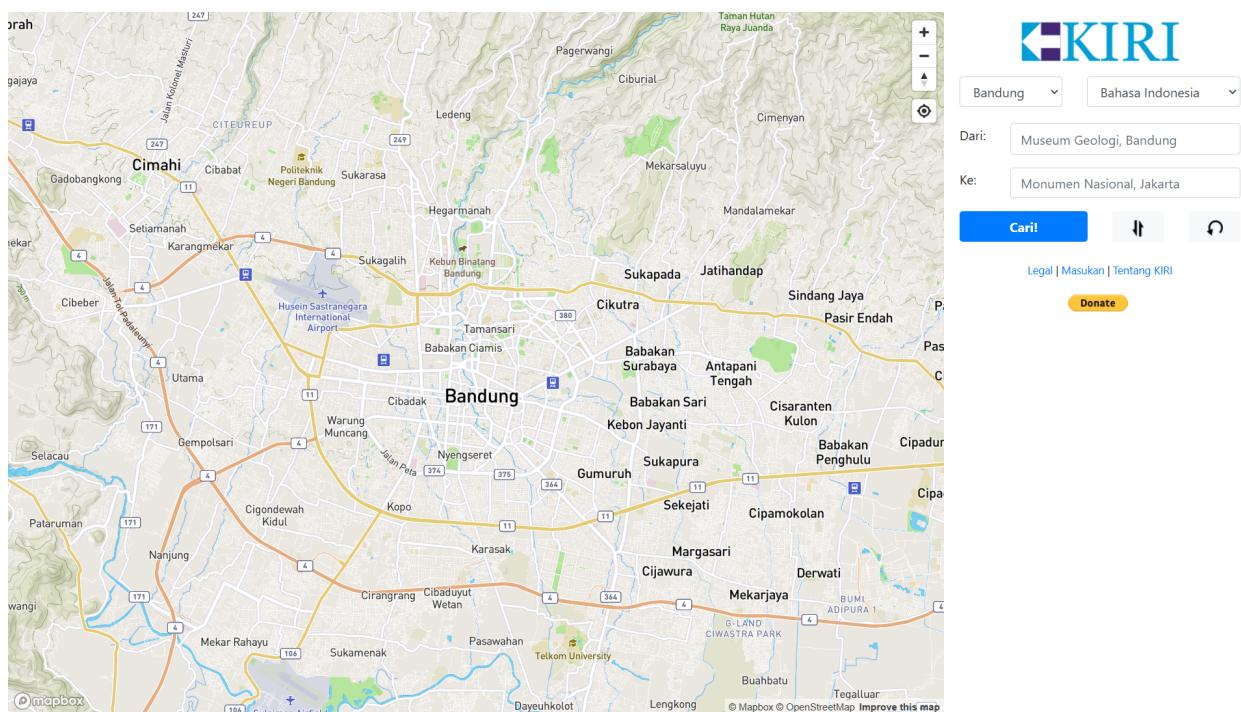
BAB 2

2

LANDASAN TEORI

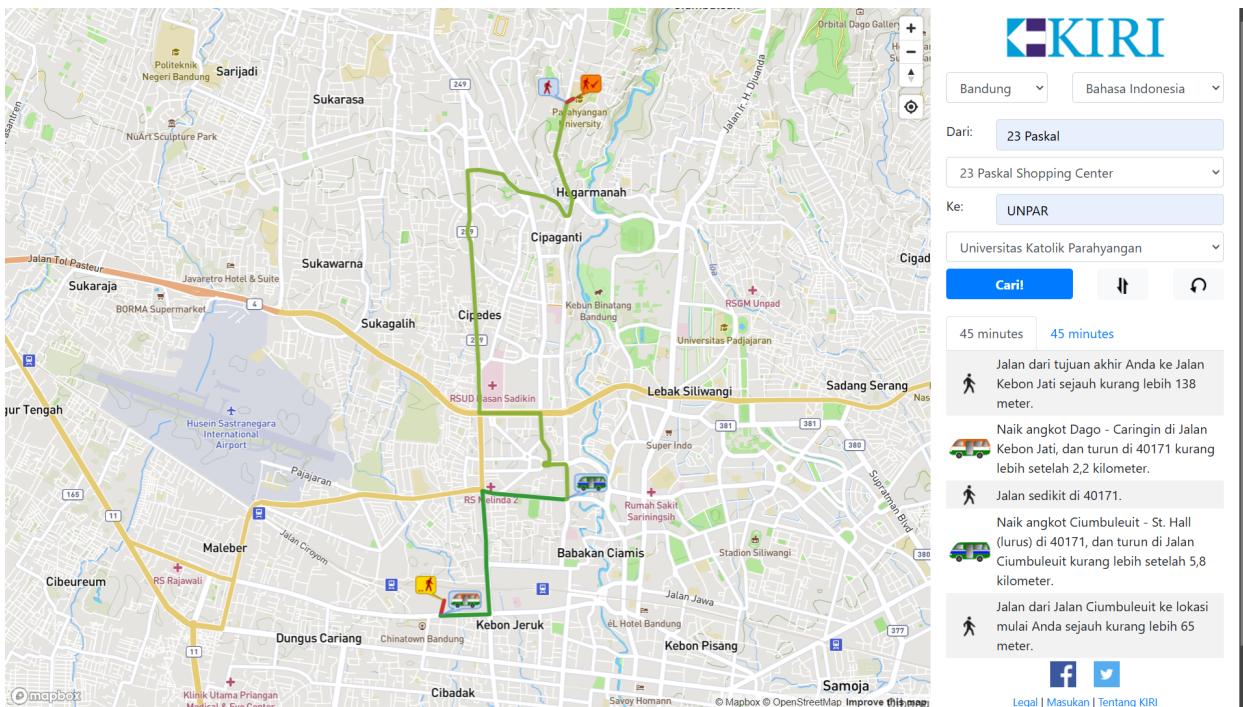
3 2.1 KIRI [1]

- 4 KIRI (lihat Gambar 2.1) adalah aplikasi navigasi transportasi umum berbasis web yang menyediakan
5 rute antara dua lokasi geografis menggunakan transportasi publik. KIRI dirancang untuk melayani
6 kebutuhan pengguna angkot (angkutan kota) di Bandung serta TransJakarta dan Commuterline di
7 DKI Jakarta. Salah satu keunggulan KIRI dibandingkan layanan seperti Google Maps atau Moovit
8 adalah kemampuannya memahami karakteristik transportasi publik, di mana penumpang dapat
9 naik atau turun di sepanjang jalan tanpa terbatas pada halte tertentu.



Gambar 2.1: Tampilan awal perangkat lunak KIRI

- 10 KIRI akan memberikan informasi mengenai langkah-langkah yang harus ditempuh oleh pengguna
11 yang akan berpergian dari satu tempat ke tempat tujuannya, mulai dari seberapa jauh pengguna
12 harus berjalan untuk menaiki angkot yang bersangkutan, di mana pengguna harus naik atau turun
13 angkot tersebut, seberapa jauh lagi pengguna harus berjalan sampai ke lokasi tujuan, dan seberapa
14 lama estimasi waktu perjalanan yang akan ditempuh (lihat Gambar 2.2).



Gambar 2.2: Tampilan perangkat lunak KIRI, setelah menerima masukan

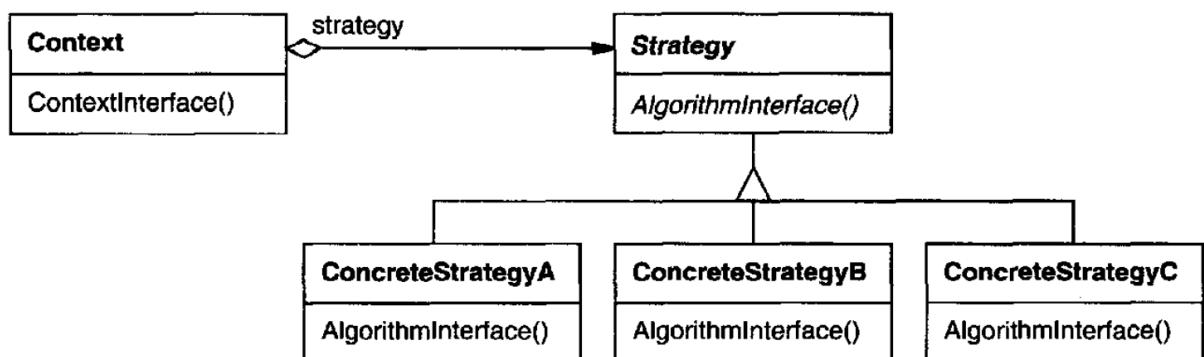
1 Arsitektur aplikasi KIRI terbagi menjadi dua bagian utama. Yang pertama, yaitu Tirtayasa yang
 2 merupakan bagian *frontend* dari KIRI, dan bertanggung jawab sebagai antarmuka pengguna untuk
 3 browser web. Komponen ini mengubah nama tempat yang dimasukkan pengguna menjadi koordinat
 4 geografis dengan menggunakan bantuan Google Maps. Tirtayasa sendiri dibangun menggunakan
 5 PHP dan Framework CodeIgniter 4.
 6 Selanjutnya, NewMenjangan, yang merupakan bagian *backend* dari KIRI dan dibangun dengan
 7 bahasa pemrograman Java serta digunakan untuk memproses permintaan navigasi. Komponen ini
 8 memuat semua jalur transportasi umum dalam bentuk graf dan menggunakan algoritma Dijkstra
 9 untuk menghitung rute optimal. Algoritma ini dipercepat dengan penggunaan struktur data heap,
 10 yang membuatnya efisien untuk jalur yang kompleks.

11 2.2 Design Pattern dan Strategy Pattern [2]

12 *Design Pattern* adalah solusi umum yang telah terbukti efektif untuk mengatasi masalah desain
 13 berulang dalam pengembangan perangkat lunak berorientasi objek. Solusi ini dirancang agar dapat
 14 digunakan kembali di berbagai konteks tanpa harus disesuaikan secara berlebihan. Sebagai contoh,
 15 pola desain membantu memecah masalah desain menjadi struktur yang lebih modular dan fleksibel,
 16 sehingga mempermudah pengembangan dan pemeliharaan perangkat lunak.
 17 Pada dasarnya, design pattern memiliki empat elemen utama. Pertama, nama pola yang mem-
 18 berikan cara singkat untuk menyebut masalah desain tertentu, solusinya, dan konsekuensi dari
 19 penerapannya. Kedua, masalah, yaitu deskripsi konteks atau situasi di mana pola desain ini relevan.
 20 Ketiga, solusi, berupa abstraksi dari elemen-elemen desain dan kolaborasinya tanpa menyebutkan
 21 implementasi konkret. Keempat, konsekuensi, yang mencakup hasil dari penerapan pola, termasuk
 22 dampak pada fleksibilitas, efisiensi, dan pengelolaan sistem.

- 1 Penggunaan *design pattern* juga memungkinkan sistem menjadi lebih adaptif terhadap perubahan
 2 kebutuhan. Pola seperti *Strategy* mempermudah pergantian algoritma di runtime, sedangkan *Factory*
 3 *Method* membantu mengurangi ketergantungan pada implementasi spesifik dengan menyediakan
 4 cara fleksibel untuk membuat objek. Dengan demikian, design pattern mempermudah kolaborasi
 5 dan komunikasi antar tim pengembang.
- 6 Strategy Pattern merupakan salah satu pola desain perilaku yang dirancang untuk mendefinisikan
 7 serangkaian algoritma, mengenkapsulasi setiap algoritma, dan memungkinkan algoritma-algoritma
 8 tersebut untuk saling dipertukarkan. Pola ini memungkinkan algoritma untuk bervariasi. Dengan
 9 demikian, klien tidak perlu mengetahui detail implementasi dari algoritma yang digunakan, mela-
 10 inkan cukup berinteraksi melalui antarmuka umum yang disediakan oleh objek strategi.
- 11 Pola ini sangat berguna ketika terdapat kebutuhan untuk mendukung berbagai varian algoritma
 12 dalam menyelesaikan tugas yang sama. Strategy Pattern memindahkan setiap algoritma ke dalam
 13 kelas terpisah, yang disebut sebagai *concrete strategy*. Klien dapat memilih dan menentukan strategi
 14 yang sesuai ke dalam konteks pada waktu eksekusi, sehingga memberikan fleksibilitas yang tinggi
 15 dalam proses pengembangan perangkat lunak.
- 16 Manfaat utama dari strategy pattern adalah kemampuannya untuk menghilangkan kompleksitas
 17 yang diakibatkan oleh penggunaan pernyataan kondisional yang rumit dalam kode, serta kemudahan
 18 dalam menambahkan atau mengganti algoritma tanpa perlu memodifikasi kode klien atau konteks.
 19 Namun, penerapan pola ini juga memiliki kelemahan, seperti meningkatnya jumlah kelas dalam
 20 sistem dan potensi timbulnya *overhead* komunikasi antara konteks dan strategi. Oleh karena itu,
 21 penerapan strategy pattern sebaiknya dipertimbangkan dengan cermat, terutama dalam situasi di
 22 mana variasi algoritma memang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan sistem.

Berikut merupakan struktur dari strategy pattern (Gambar 2.3).



Gambar 2.3: Struktur Strategy Pattern

2.2.1 Contoh Kode Program

Kode 2.1: IntegerSorter.java

```

2
31  abstract class IntegerSorter {
32      public abstract int[] sort(int[] arr);
33  }
```

Kode 2.2: ArraysSort.java

```

7
81 import java.util.*;
92
103 class ArraysSort extends IntegerSorter {
114     public int[] sort(int[] arr) {
125         Arrays.sort(arr);
136         return arr;
147     }
158 }
```

Kode 2.3: BubbleSort.java

```

17
181 class BubbleSort extends IntegerSorter {
192     public int[] sort(int[] arr) {
203         int n = arr.length;
214         for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
225             for (int j = 0; j < n - i - 1; j++) {
236                 if (arr[j] > arr[j + 1]) {
247                     int temp = arr[j];
258                     arr[j] = arr[j + 1];
269                     arr[j + 1] = temp;
270                 }
281             }
292         }
293         return arr;
304     }
315 }
```

Kode 2.4: InsertionSort.java

```

34
351 class InsertionSort extends IntegerSorter {
362     public int[] sort(int[] arr) {
373         int n = arr.length;
384         for (int i = 1; i < n; i++) {
395             int key = arr[i];
406             int j = i - 1;
417
428             while (j >= 0 && arr[j] > key) {
439                 arr[j + 1] = arr[j];
440                 j = j - 1;
451             }
461 }
```

```

12         arr[j + 1] = key;
13     }
14     return arr;
15 }
16 }
```

Kode 2.5: Main.java

```

7 import java.util.*;
8
9
10 public class Main {
11     public static void main(String[] args) {
12         int[] arr = { 6, 4, 21, 9, 14, 17, 3 };
13
14         IntegerSorter arraysSort = new ArraysSort();
15         System.out.println("Arrays.sort:" + Arrays.toString(
16             arraysSort.sort(arr.clone())));
17
18         IntegerSorter bubbleSort = new BubbleSort();
19         System.out.println("BubbleSort:" + Arrays.toString(
20             bubbleSort.sort(arr.clone())));
21
22         IntegerSorter insertionSort = new InsertionSort();
23         System.out.println("InsertionSort:" + Arrays.toString(
24             insertionSort.sort(arr.clone())));
25
26     }
27 }
28 }
```

2.3 MySQL [3]

MySQL merupakan sistem manajemen basis data relasional (*Relational Database Management System/RDBMS*) bersifat open source yang dikembangkan oleh *Oracle Corporation*. SQL, yang merupakan singkatan dari *Structured Query Language*, adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengambil, memperbarui, menghapus, serta memanipulasi data pada basis data relasional. Sebagai basis data relasional, MySQL menyimpan data dalam bentuk tabel yang terdiri atas baris dan kolom, yang disusun dalam suatu skema. Skema ini bertugas mendefinisikan bagaimana data diorganisasi dan disimpan, serta menjelaskan hubungan antara tabel-tabel yang ada di dalamnya. Dalam MySQL, terdapat berbagai sintaks yang digunakan untuk mendukung pengelolaan basis data. Sintaks-sintaks tersebut mencakup operasi penting, seperti pembuatan tabel, penyisipan data, pembaruan data, penghapusan data, hingga pengambilan data. Setiap sintaks dirancang untuk mempermudah pengguna dalam mengelola data secara efektif dan efisien sesuai kebutuhan sistem.

Berikut merupakan sintaks-sintaks dasar yang umum digunakan dalam MySQL.

- ***CREATE DATABASE***

1 **CREATE DATABASE** database_name;

1 Sintaks tersebut digunakan untuk membuat database baru dalam MySQL. `database_name`
 2 diisi nama dari database baru yang akan dibuat.

- 3 • **DROP DATABASE**

```
4   1 DROP DATABASE database_name;
```

7 Sintaks tersebut digunakan untuk menghapus database yang telah dibuat dalam MySQL.
 8 `database_name` diisi nama dari database yang akan dihapus.

- 9 • **CREATE TABLE**

```
10 11   CREATE TABLE table_name (
 12     column1 datatype,
 13     column2 datatype,
 14     column3 datatype,
 15     ....
 16   );
```

18 Sintaks tersebut digunakan untuk membuat atau memasukan tabel baru kedalam sebuah
 19 database. `table_name` diisi nama dari tabel yang akan dibuat, `column1`, `column2`, `column3`
 20 dan seterusnya diisi dengan nama kolom didalam tabel yang akan dibuat, dan `datatype` diisi
 21 dengan tipe data dari kolom yang akan dibuat, seperti `varchar`, `integer`, `date`, dan lain-lain.

- 22 • **DROP TABLE**

```
23   1 DROP TABLE table_name;;
```

26 Sintaks tersebut digunakan untuk menghapus tabel yang telah dibuat dalam sebuah database.
 27 `table_name` diisi nama dari tabel yang akan dihapus.

- 28 • **SELECT**

```
29 30   1 SELECT column1, column2, ...
 31     FROM table_name;
```

33 Sintaks tersebut digunakan untuk memilih atau mengambil data dari sebuah tabel dalam
 34 database. `column1`, `column2` dan seterusnya diisi dengan nama kolom dari sebuah tabel
 35 yang datanya akan diambil dan `table_name` diisi dengan nama tabel dimana kolom tersebut
 36 berada.

- 37 • **WHERE**

```
38 39   1 SELECT column1, column2, ...
 40     FROM table_name
 41     WHERE condition;
```

43 Sintaks tersebut digunakan untuk memilih atau mengambil data dari sebuah tabel dalam
 44 database dengan sebuah kondisi tertentu yang bertujuan untuk memfilter data yang akan
 45 diambil. `column1`, `column2` dan seterusnya diisi dengan nama kolom dari sebuah tabel yang
 46 datanya akan diambil, `table_name` diisi dengan nama tabel dimana kolom tersebut berada,
 47 dan `condition` diisi dengan kondisi dari data yang akan diambil atau filter seperti apa yang
 48 dingin dilakukan ketika mengambil data.

- 49 • **INSERT INTO**

```
50 51   1 INSERT INTO table_name (column1, column2, column3, ...)
 52     VALUES (value1, value2, value3, ...);
```

54 Sintaks tersebut digunakan untuk memasukan atau menambahkan data baru kedalam kolom
 55 dari sebuah tabel yang telah ada. `table_name` diisi nama tabel yang akan ditambahkan
 56 data baru, `column1`, `column2`, `column3` dan seterusnya diisi dengan nama kolom yang akan

ditambahkan data baru, dan `value` diisi dengan nilai atau value dari data baru yang akan ditambahkan.

- ***DELETE***

```
1   DELETE FROM table_name
2   WHERE condition;
```

Sintaks tersebut digunakan untuk menghapus data baru kedalam kolom dari sebuah tabel yang telah ada. `table_name` diisi nama tabel yang akan ditambahkan data baru, `column1`, `column2`, `column3` dan seterusnya diisi dengan nama kolom yang akan ditambahkan data baru, dan `value1`, `value2`, `value3` dan seterusnya diisi dengan nilai atau value dari data baru yang akan ditambahkan.

2.3.1 LineString [3]

LineString adalah tipe data geometris dalam MySQL yang mewakili jalur atau lintasan yang terdiri dari satu atau lebih segmen garis yang terhubung. Tipe data ini digunakan dalam Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk merepresentasikan lintasan seperti jalan, sungai, atau rute perjalanan. Setiap *LineString* terdiri dari urutan titik (point) yang memiliki koordinat (x, y) dan minimal memiliki dua titik untuk membentuk garis.

Untuk memanipulasi dan menganalisis *LineString*, MySQL menyediakan sejumlah fungsi bawaan. Sebelum fungsi tersebut digunakan, objek *LineString* biasanya dikonversi ke bentuk geometris menggunakan fungsi `ST_GeomFromText()`. Fungsi ini menerima teks representasi geometris, seperti *LineString(x1y1, x2y2, ...)* dan mengubahnya menjadi objek geometris yang dapat diproses oleh fungsi GIS lainnya. Berikut adalah beberapa fungsi penting yang dapat digunakan untuk bekerja dengan *LineString*:

- **`ST_EndPoint(ls)`**

Mengembalikan titik akhir dari *LineString ls*. Contoh:

```
1   SET @ls = 'LineString(1_1,_2_2,_3_3)';
2   SELECT ST_AsText(ST_EndPoint(ST_GeomFromText(@ls)));
3   -- Hasil: 'POINT(3_3)'
```

- **`ST_IsClosed(ls)`**

Mengecek apakah *LineString ls* membentuk lintasan tertutup (titik awal dan akhir sama).

Contoh:

```
1   SET @ls = 'LineString(1_1,_2_2,_3_3,_1_1)';
2   SELECT ST_IsClosed(ST_GeomFromText(@ls));
3   -- Hasil: 1 (TRUE)
```

- **`ST_Length(ls)`**

Menghitung panjang total *LineString ls*. Contoh:

```
1   SET @ls = 'LineString(1_1,_2_2,_3_3)';
2   SELECT ST_Length(ST_GeomFromText(@ls));
3   -- Hasil: 2.828427
```

- **`ST_NumPoints(ls)`**

Mengembalikan jumlah titik yang membentuk *LineString ls*. Contoh:

```
1   SET @ls = 'LineString(1_1,_2_2,_3_3)';
2   SELECT ST_NumPoints(ST_GeomFromText(@ls));
3   -- Hasil: 3
```

- 1 • ST_Point(ls, N)

2 Mengembalikan titik ke- N pada *LineString* ls. Contoh:

```
3
4   1 SET @ls = 'LineString(1_1, _2_2, _3_3)';
5   2 SELECT ST_AsText(ST_PointN(ST_GeomFromText(@ls), 2));
6   3 -- Hasil: 'POINT(2_2)'
```

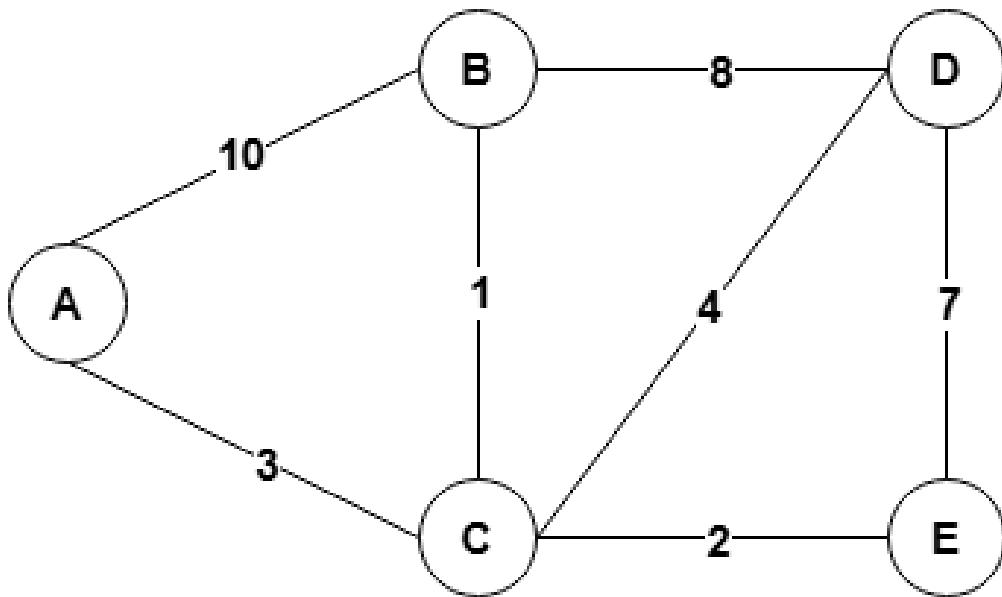
- 8 • ST_StartPoint(ls)

9 Mengembalikan titik awal dari *LineString* ls. Contoh:

```
10
11  1 SET @ls = 'LineString(1_1, _2_2, _3_3)';
12  2 SELECT ST_AsText(ST_StartPoint(ST_GeomFromText(@ls)));
13  3 -- Hasil: 'POINT(1_1)'
```

15 2.4 Graf [4]

16 Graf (G) adalah struktur yang terdiri dari simpul (*vertex*) dan sisi (*edge*), dimana sisi menghubungkan
 17 pasangan simpul (lihat Gambar 2.4). Sebuah graf direpresentasikan sebagai pasangan $G = (V, E)$,
 18 dengan V sebagai himpunan simpul dan E sebagai himpunan sisi. Sisi diwakili oleh pasangan
 simpul yang terhubung. Graf dapat bersifat terarah atau tidak terarah. Simpul-simpul dalam graf

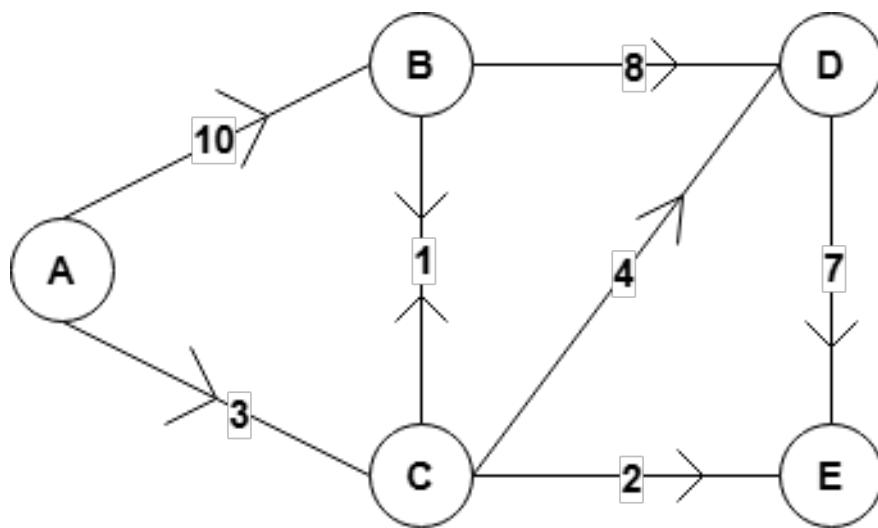


Gambar 2.4: Graf

19
 20 dapat memiliki derajat tertentu, yaitu jumlah sisi yang menghubunginya. Sebuah graf disebut
 21 terhubung jika terdapat jalur antara setiap pasangan simpul. Jalur ini adalah urutan simpul yang
 22 dihubungkan oleh sisi. Selain itu, siklus adalah jalur tertutup di mana simpul awal dan akhir adalah
 23 sama. Teori graf juga mencakup konsep seperti pohon (graf terhubung tanpa siklus), graf bipartit
 24 (simpul dibagi menjadi dua himpunan yang saling bebas sisi), dan subgraf (bagian dari graf yang
 25 tetap mempertahankan struktur graf).
 26 Graf digunakan dalam berbagai hal, seperti jaringan komputer, rute transportasi, dan analisis
 27 hubungan sosial. Teori graf menyediakan dasar matematis untuk mempelajari struktur ini dan
 28 memberikan cara untuk memodelkan dan menyelesaikan masalah kompleks di berbagai bidang.

1 2.4.1 Graf Berarah dan Graf Tidak Berarah [4]

- 2 Graf berarah (lihat Gambar 2.5) adalah graf di mana setiap sisi memiliki arah tertentu. Dengan
 3 kata lain, setiap sisi dalam graf ini diwakili oleh pasangan terurut dari simpul (*vertex*). Sebuah
 4 graf berarah didefinisikan sebagai pasangan $G = (V, E)$, di mana V adalah himpunan simpul dan E
 5 adalah himpunan sisi yang berbentuk pasangan terurut dari simpul. Setiap sisi e memiliki simpul
 6 awal $init(e)$ dan simpul terminal $ter(e)$ yang menunjukkan arah perjalanan dari satu simpul ke
 7 simpul lainnya.
- 8 Graf berarah dapat memiliki berbagai karakteristik khusus. Jika terdapat lebih dari satu sisi dengan
 9 arah yang sama antara dua simpul yang sama, sisi tersebut disebut sisi paralel. Jika sebuah sisi
 10 memiliki awal dan terminal yang sama, maka sisi tersebut disebut loop. Selain itu, Jika suatu graf
 11 tidak berarah diberikan arah pada setiap sisinya, maka graf berarah yang dihasilkan disebut sebagai
 12 *oriented graph*.



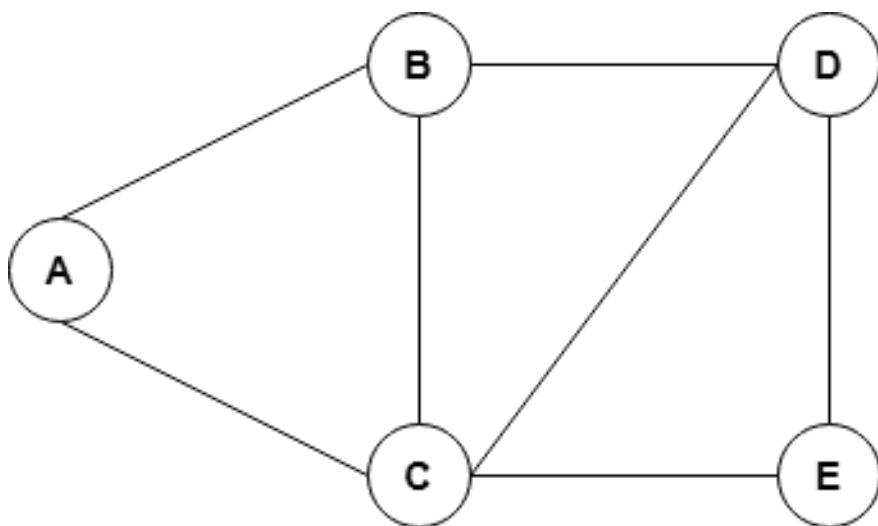
Gambar 2.5: Graf Berarah

- 13 Graf tidak berarah (lihat Gambar 2.4) adalah jenis graf di mana setiap sisi hanya menghubungkan
 14 dua simpul tanpa adanya arah tertentu. Dalam graf ini, sisi diwakili sebagai pasangan tidak terurut
 15 $\{u, v\}$ yang berarti bahwa pergerakan dari simpul u ke v sama dengan pergerakan dari v ke u . Graf
 16 tidak berarah dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks ketetanggaan (*adjacency matrix*), di
 17 mana matriks ini bersifat simetris.
- 18 Salah satu sifat penting dari graf tidak berarah adalah konsep keterhubungan. Sebuah graf dikatakan
 19 terhubung jika terdapat jalur antara setiap pasangan simpulnya. Jika terdapat simpul yang tidak
 20 dapat dijangkau dari simpul lain, maka graf tersebut disebut tidak terhubung. Graf tidak berarah
 21 juga memiliki properti siklus, yaitu jalur tertutup di mana simpul awal dan simpul akhir adalah
 22 sama.

23 2.4.2 Graf Berbobot dan Graf Tidak Berbobot [4]

- 24 Graf berbobot (lihat Gambar 2.4) adalah graf di mana setiap sisi memiliki bobot atau nilai
 25 numerik yang menyatakan karakteristik tertentu seperti jarak, biaya, atau kapasitas. Graf berbobot
 26 direpresentasikan sebagai $G = (V, E, w)$, di mana $w : E \rightarrow R$ adalah fungsi yang memberikan bobot

1 pada setiap sisi.
 2 Graf berbobot sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti algoritma pencarian jalur terpendek,
 3 optimasi jaringan, dan model transportasi. Dalam beberapa kasus, graf berbobot dapat berarah
 4 atau tidak berarah, tergantung pada apakah bobot tersebut memiliki arah tertentu atau tidak.
 5 Graf tidak berbobot (lihat Gambar 2.6) adalah graf di mana semua sisi dianggap memiliki bobot
 6 yang sama, biasanya bernilai satu atau dianggap tidak berbobot sama sekali. Graf jenis ini sering
 7 digunakan dalam analisis struktur jaringan, di mana hanya penting untuk mengetahui adanya
 8 hubungan antar simpul tanpa mempertimbangkan seberapa kuat atau penting hubungan tersebut.
 9 Dalam graf tak berbobot, algoritma seperti BFS (Breadth-First Search) dan DFS (Depth-First
 10 Search) sangat berguna untuk menemukan keterhubungan, jalur terpendek dalam jumlah langkah,
 11 serta untuk eksplorasi struktur graf lainnya.



Gambar 2.6: Graf Tidak Berbobot

12 2.5 Algoritma Shortest Path

13 Ada berbagai jenis algoritma *shortest path* yang dirancang untuk menemukan lintasan terpendek
 14 antara dua titik dalam sebuah graf. Algoritma ini memainkan peran penting dalam berbagai
 15 aplikasi, seperti sistem navigasi, perencanaan jaringan, analisis data geografis, dan pemecahan
 16 masalah rute optimal.
 17 Setiap algoritma memiliki pendekatan, kelebihan, dan keterbatasan masing-masing, yang menjadinya
 18 lebih sesuai untuk situasi tertentu. Sebagai contoh, algoritma seperti *Dijkstra* sangat cocok
 19 untuk graf dengan bobot positif, sementara *Floyd-Warshall* lebih sesuai untuk menemukan lintasan
 20 terpendek pada semua pasangan titik dalam graf kecil. Di sisi lain, algoritma *A** dirancang khusus
 21 untuk mempercepat pencarian lintasan dengan memanfaatkan heuristik. Berikut pembahasan
 22 secara detail tiga algoritma *shortest path* yang digunakan, yaitu *Dijkstra*, *Floyd-Warshall*, dan *A**.

1 2.5.1 Algoritma Dijkstra [5]

2 Algoritma Dijkstra merupakan sebuah algoritma untuk menyelesaikan masalah *single-source shortest*
 3 *path*, yaitu menemukan jalur terpendek dari satu titik asal ke semua titik lainnya dalam sebuah graf
 4 berarah dengan bobot tepi non-negatif. Algoritma ini menggunakan sebuah struktur *min-priority*
 5 *queue* (antrean prioritas minimum) yang menyimpan titik-titik dengan prioritas sesuai dengan
 6 perkiraan jarak terpendek dari titik asal.

Algorithm 1 Dijkstra(G, w, s)

```

1: Initialize-Single-Source( $G, s$ )
2:  $S = \emptyset$ 
3:  $Q = G.V$ 
4: while  $Q \neq \emptyset$  do
5:    $u = \text{Extract-Min}(Q)$ 
6:    $S = S \cup \{u\}$ 
7:   for each vertex  $v \in G.Adj[u]$  do
8:     Relax( $u, v, w$ )
9:   end for
10: end while
```

7 Pseudocode 1 merupakan pseudocode dari algoritma Dijkstra. Pada pseudocode terdapat beberapa
 8 atribut diantarnya, yaitu G yang merepresentasikan graf, w merupakan bobot yang menyatakan
 9 jarak atau biaya antar dan s merepresentasikan simpul sumber yang merupakan titik awal pencarian.
 10 Selain itu, S merepresentasikan kumpulan simpul yang sudah diproses yang diawali diinisialisasi
 11 kosong, sedangkan Q merepresentasikan kumpulan simpul yang belum diproses, kemudian u
 12 merepresentasikan simpul yang sedang diproses dan v merepresentasikan simpul tetangga dari u .
 13 Algoritma Dijkstra dimulai dengan menginisialisasi perkiraan jarak terpendek dari titik asal s ke
 14 semua titik lain, kecuali s itu sendiri yang diinisialisasi dengan jarak 0 dan juga semua simpul
 15 dimasukkan ke dalam *min-priority queue* (Q), di mana prioritas ditentukan berdasarkan jarak
 16 terpendek yang diketahui. Selanjutnya, algoritma memproses simpul-simpul satu per satu dengan
 17 memilih simpul u dari Q yang memiliki jarak terpendek. Simpul tersebut kemudian ditambahkan
 18 ke dalam himpunan S .
 19 Setelah simpul u diproses, algoritma akan memeriksa semua tetangga v dari u . Untuk setiap
 20 tetangga, algoritma melakukan proses *relaksasi*, yaitu membandingkan jarak saat ini ke v dengan
 21 jarak yang melewati u . Jika jalur melalui u memberikan jarak yang lebih pendek, jarak ke v
 22 diperbarui dengan jarak baru tersebut, dan simpul pendahulu v diatur menjadi u . Proses ini
 23 memastikan bahwa jalur terpendek ditemukan secara bertahap melalui iterasi. Algoritma akan
 24 terus berjalan hingga semua simpul telah diproses atau antrean Q kosong. Hasil akhir berupa jarak
 25 terpendek dari simpul sumber s ke setiap simpul lain dalam graf.
 26 Graf pada gambar 2.4 dapat diselesaikan menggunakan Dijkstra dengan langkah-langkah berikut.
 27 1. Inisialisasi

- 28 • Atur jarak semua simpul ke ∞ (tak hingga), kecuali simpul A yang diset ke 0.
- 29 • Masukan semua simpul kedalam *Priority Queue*.
- 30 • $PQ : \{(A, 0), (B, \infty), (C, \infty), (D, \infty), (E, \infty)\}$

 31 2. Iterasi 1

Simpul	Jarak Dari A	Jalur
A	0	A
B	∞	-
C	∞	-
D	∞	-
E	∞	-

- 1 • Ambil simpul A (0) dari PQ
- 2 • Periksa dan Perbarui jarak ke tetangga
 - B = $\min(\infty, 0 + 10) = 10$
 - C = $\min(\infty, 0 + 3) = 3$
- 3 • PQ : {(C, 3), (B, 10), (D, ∞), (E, ∞)}
- 4
- 5

Simpul	Jarak Dari A	Jalur
A	0	A
B	10	A - B
C	3	A - C
D	∞	-
E	∞	-

- 6 3. Iterasi 2
- 7 • Ambil simpul C (3) dari PQ
 - 8 • Periksa dan Perbarui jarak ke tetangga
 - B = $\min(10, 3 + 1) = 4$
 - D = $\min(\infty, 3 + 4) = 7$
 - E = $\min(\infty, 3 + 2) = 5$
 - 9
 - 10
 - 11
 - 12 • PQ : {(B, 4), (E, 5), (D, 7), (B, 10)}

Simpul	Jarak Dari A	Jalur
A	0	A
B	4	A - C - B
C	3	A - C
D	7	A - C - D
E	5	A - C - E

- 13 4. Iterasi 3
- 14 • Ambil simpul B (4) dari PQ
 - 15 • Periksa dan Perbarui jarak ke tetangga
 - D = $\min(7, 4 + 8) = 7$
 - 16
 - 17 • PQ : {(E, 5), (D, 7), (B, 10)}

Simpul	Jarak Dari A	Jalur
A	0	A
B	4	A - C - B
C	3	A - C
D	7	A - C - D
E	5	A - C - E

1 5. Iterasi 4

- 2 • Ambil simpul E (5) dari PQ
 3 • Periksa dan Perbarui jarak ke tetangga
 4 – $D = \min(7, 5 + 7) = 7$
 5 • PQ : {(D, 7)}

Simpul	Jarak Dari A	Jalur
A	0	A
B	4	A - C - B
C	3	A - C
D	7	A - C - D
E	5	A - C - E

6 6. Iterasi 5

- 7 • Ambil simpul D (7) dari PQ
 8 • Tidak ada tetangga atau PQ sudah kosong.

Simpul	Jarak Dari A	Jalur
A	0	A
B	4	A - C - B
C	3	A - C
D	7	A - C - D
E	5	A - C - E

9 2.5.2 Algoritma Floyd-Warshall [5]

10 Algoritma Floyd-Warshall merupakan sebuah algoritma untuk menyelesaikan masalah jalur terpendek untuk semua pasangan titik dalam graf berarah dengan menggunakan pendekatan pemrograman dinamis. Algoritma ini sangat berguna untuk graf yang memiliki bobot sisi negatif, selama tidak terdapat siklus dengan bobot negatif dalam graf tersebut. Pendekatan ini menghitung jalur terpendek antara semua pasangan titik dengan menggunakan tabel bobot antar titik dan mengulanginya secara bertahap untuk mencapai solusi optimal.

Algorithm 2 Floyd-Warshall(W)

```

1:  $n = W.rows$ 
2:  $D^{(0)} = W$ 
3: for  $k = 1$  to  $n$  do
4:   Let  $D^{(k)} = (d_{ij}^{(k)})$  be a new  $n \times n$  matrix
5:   for  $i = 1$  to  $n$  do
6:     for  $j = 1$  to  $n$  do
7:        $d_{ij}^{(k)} = \min(d_{ij}^{(k-1)}, d_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)})$ 
8:     end for
9:   end for
10: end for
11: return  $D^{(n)}$ 

```

16 Pseudocode 2 merupakan pseudocode dari algoritma Floyd-Warshall. Pada pseudocode terdapat
 17 beberapa atribut diantarnya, yaitu W yang merupakan sebuah matriks berbobot berukuran $n * n$

1 dan mewakili bobot dari setiap sisi pada graf, $D^{(0)}$ atau $D^{(k)}$ merupakan Matriks berukuran
 2 $n * n$ pada iterasi ke- k , n merepresentasikan banyaknya simpul dalam graf, diperoleh dari jumlah
 3 baris dari matriks W . Selain itu, terdapat $d_{ij}^{(k)}$ yang merupakan elemen dari matriks $D^{(k)}$ yang
 4 menunjukkan jarak terpendek antara simpul i dan j pada iterasi ke- k . Algoritma Floyd-Warshall
 5 dimulai dengan menginisialisasi n yang diinisialisasi dengan nilai baris pada matriks W dan juga
 6 $D^{(0)}$ yang diinisialisasi dengan matriks W .

7 Selama n iterasi, algoritma memperbarui matriks jarak terpendek dengan mempertimbangkan
 8 kemungkinan jalan melalui simpul antara $\{1, 2, \dots, k\}$. Pada setiap langkah, algoritma memeriksa
 9 apakah jarak dari i ke j dapat diperpendek dengan melalui simpul k , dibandingkan dengan jarak
 10 langsung antara i dan j . Proses ini menghasilkan solusi optimal, di mana $D^{(n)}$ mencakup semua
 11 jarak terpendek yang memungkinkan. Algoritma Floyd-Warshall memiliki kompleksitas waktu $O(n^3)$
 12 karena terdiri dari tiga *looping* untuk semua titik dalam graf.

13 Graf pada gambar 2.4 dapat diselesaikan menggunakan Floyd-Warshall dengan langkah-langkah
 14 berikut.

15 1. Inisialisasi Matriks Jarak

- 16 • Setiap jarak awal diisi berdasarkan bobot sisi yang ada. Jika tidak ada sisi antara dua
 17 simpul, diisi dengan ∞ (tak hingga).

	A	B	C	D	E
A	0	10	3	∞	∞
B	∞	0	1	8	∞
C	∞	1	0	4	2
D	∞	∞	∞	0	7
E	∞	∞	∞	∞	0

18 2. Iterasi 1 dengan A sebagai perantara(k) / $k = A$

- 19 • Tidak ada perubahan karena A hanya memiliki jalur langsung ke B dan C dan tidak ada
 20 jalur baru yang lebih pendek yang bisa ditemukan.

	A	B	C	D	E
A	0	10	3	∞	∞
B	∞	0	1	8	∞
C	∞	1	0	4	2
D	∞	∞	∞	0	7
E	∞	∞	∞	∞	0

21 3. Iterasi 2 dengan B sebagai perantara(k) / $k = B$

- 22 • Tidak ada jalur lebih pendek yang ditemukan melalui B sehingga tidak ada perubahan.

	A	B	C	D	E
A	0	10	3	∞	∞
B	∞	0	1	8	∞
C	∞	1	0	4	2
D	∞	∞	∞	0	7
E	∞	∞	∞	∞	0

23 4. Iterasi 3 dengan C sebagai perantara (k) / $k = C$

- 1 • A - B dapat melalui C
 - 2 – $A - C - B = 3 + 1 = 4$
 - 3 – Jarak langsung A - B adalah 10, jadi jarak A - B diperbarui dengan jarak A - C - B.
- 4 • A - D dapat melalui C
 - 5 – $A - C - D = 3 + 4 = 7$
 - 6 – Jarak A - D diisi dengan jarak A - C - D.
- 7 • A - E dapat melalui C
 - 8 – $A - C - E = 3 + 2 = 5$
 - 9 – Jarak A - E diisi dengan jarak A - C - E.
- 10 • B - D dapat melalui C
 - 11 – $B - C - D = 1 + 4 = 5$
 - 12 – Jarak B - D diisi dengan jarak B - C - D.
- 13 • B - E dapat melalui C
 - 14 – $B - C - E = 1 + 2 = 4$
 - 15 – Jarak B - E diisi dengan jarak B - C - E.

	A	B	C	D	E
A	0	4	3	7	5
B	∞	0	1	5	3
C	∞	1	0	4	2
D	∞	∞	∞	0	7
E	∞	∞	∞	∞	0

16 5. Iterasi 4 dengan D sebagai perantara (k) / k = D

- 17 • Tidak ada jalur lebih pendek yang ditemukan melalui D sehingga tidak ada perubahan.

	A	B	C	D	E
A	0	4	3	7	5
B	∞	0	1	5	3
C	∞	1	0	4	2
D	∞	∞	∞	0	7
E	∞	∞	∞	∞	0

18 6. Iterasi 5 dengan E sebagai perantara (k) / k = E

- 19 • Titik E sudah merupakan titik terakhir atau titik tujuan sehingga tidak ada perubahan.

	A	B	C	D	E
A	0	4	3	7	5
B	∞	0	1	5	3
C	∞	1	0	4	2
D	∞	∞	∞	0	7
E	∞	∞	∞	∞	0

20 **2.5.3 Algoritma A*** [6]

- 21 Algoritma A* adalah metode pencarian yang meminimalkan estimasi total biaya solusi dengan
22 menggabungkan dua fungsi, yaitu $g(n)$ dan $h(n)$. Fungsi $g(n)$ menghitung biaya aktual dari titik

1 awal hingga simpul n , sedangkan $h(n)$ memperkirakan biaya tersisa dari n ke tujuan. Kombinasi ini
 2 menghasilkan $f(n) = g(n) + h(n)$, yang memberikan perkiraan total biaya solusi jika rute melalui
 3 simpul n . Algoritma ini biasanya dipilih karena dapat mencapai solusi yang optimal dan lengkap,
 4 terutama jika fungsi heuristik $h(n)$ memenuhi kriteria tertentu.

5 Kondisi utama yang diperlukan agar algoritma A* memberikan solusi optimal adalah heuristik
 6 $h(n)$ yang bersifat *admissible*, yaitu tidak pernah melebih-lebihkan biaya ke tujuan, dan *consistent*
 7 atau *monotonic*, di mana nilai h tidak menurun di sepanjang jalur. Dengan adanya heuristik yang
 8 memenuhi syarat ini, algoritma A* dapat menghindari eksplorasi simpul-simpul yang tidak relevan,
 9 mengurangi waktu dan memori yang dibutuhkan.

10 Terdapat kendala utama dari algoritma A*, yaitu penggunaan memori yang besar karena algoritma
 11 perlu menyimpan semua simpul yang telah dihasilkan. Untuk mengatasi hal ini, terdapat varian
 12 A* seperti *Iterative-Deepening A** (IDA*) yang mengurangi kebutuhan memori tanpa mengorbankan
 13 optimalitas solusi, dengan biaya eksekusi yang sedikit lebih tinggi.

14 Graf pada gambar 2.4 dapat diselesaikan menggunakan A* dengan langkah-langkah berikut.

15 1. Inisialisasi

- 16 • Tentukan nilai heuristik setiap titik $h(n)$.

- 17 – $h(A) = 7$

- 18 – $h(B) = 6$

- 19 – $h(C) = 2$

- 20 – $h(D) = 4$

- 21 – $h(E) = 0$

- 22 • Buat 2 buah list untuk menyimpan titik.

- 23 – *Open List*, untuk menyimpan titik yang akan diperiksa.

- 24 – *Closed List*, untuk menyimpan titik yang sudah diperiksa.

- 25 • Hitung total jarak untuk titik awal ($f(A)$).

- 26 – $f(A) = 0 + 7 = 7$

- 27 • Update list.

- 28 – *Open List*: {A}

- 29 – *Closed List*: {}

30 2. Iterasi 1

- 31 • Pilih titik A, karena hanya ada titik A saja pada *Open List*

- 32 • Periksa titik-titik tetangganya.

- 33 – $f(B) = 10 + 6 = 16$

- 34 – $f(C) = 3 + 2 = 5$

- 35 • Update list.

- 36 – *Open List*: {B, C}

- 37 – *Closed List*: {A}

38 3. Iterasi 2

- 39 • Pilih titik C, karena memiliki total jarak terkecil pada *Open List*

- 40 • Periksa titik-titik tetangganya.

- 41 – $f(B) = 4 + 6 = 10$

- 42 – $f(D) = 7 + 4 = 11$

- 1 – $f(E) = 5 + 0 = 5$
- 2 • Update list.
 - 3 – *Open List*: {B, D, E}
 - 4 – *Closed List*: {A, C}
- 5 4. Iterasi 3
 - 6 • Pilih titik E, karena memiliki total jarak terkecil pada *Open List*
 - 7 • Iterasi selesai karena E adalah titik tujuan.
 - 8 • *Closed List*: {A, C, E}

1

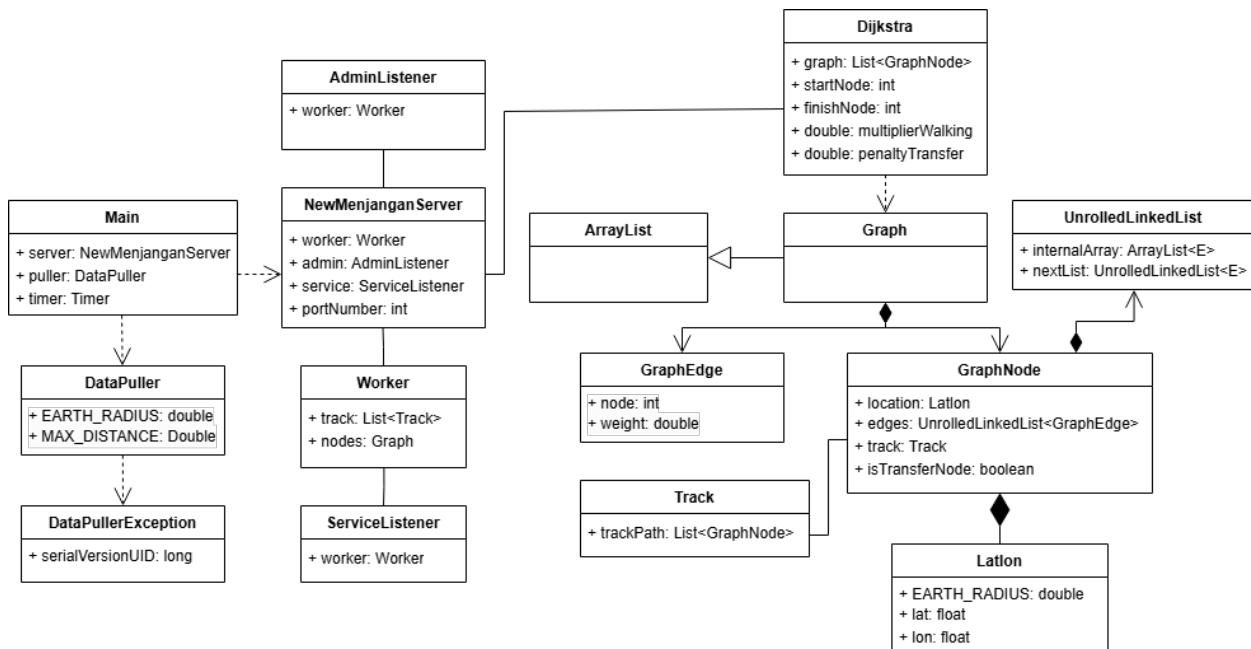
BAB 3

2

ANALISIS

3.1 Analisis Sistem Kini

Analisis akan dilakukan terhadap sistem backend dari aplikasi KIRI yang bernama NewMenjangan. Sistem ini bertanggung jawab untuk menangani berbagai fungsi backend yang mendukung layanan utama KIRI, termasuk pengolahan data, komunikasi dengan komponen lain, dan pengelolaan algoritma terkait penelusuran rute. Gambar 3.1, merupakan struktur kelas saat ini dari aplikasi KIRI yang digambarkan dalam diagram kelas. Saat ini, algoritma yang diterapkan adalah algoritma Dijkstra, yang digunakan untuk menemukan jalur terpendek dalam graf berbobot. Analisis ini mencakup tinjauan menyeluruh terhadap struktur kelas NewMenjangan dan juga pemodelan graf pada aplikasi KIRI.



Gambar 3.1: Struktur Kelas NewMenjangan

11

1 3.1.1 Analisis Kelas

2 Pada bagian ini, akan dilakukan analisis terhadap struktur kelas yang membentuk sistem backend
3 NewMenjangan. Analisis ini bertujuan untuk memahami peran dan hubungan antar kelas dalam
4 sistem, termasuk bagaimana kelas-kelas tersebut berinteraksi untuk menangani pencarian rute
5 menggunakan algoritma Dijkstra. Setiap kelas dalam diagram pada Gambar 3.1 akan dianalisis
6 berdasarkan fungsinya dalam sistem.

7 Main.java

8 Kelas ini berfungsi sebagai pusat kendali dari backend KIRI. Melalui kelas ini, server bisa dijalankan,
9 diperiksa statusnya, dimatikan, dan juga mengolah data. Pada kelas ini, terdapat 5 konstanta dan 5
10 atribut. Selain itu, terdapat *method - method* diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai
11 berikut:

- 12 • Konstanta

- 13 – TRACKS_CONF, MYSQL_PROPERTIES, dan MJNSERVE_PROPERTIES

- 14 Konstanta-konstanta tersebut digunakan untuk mengarahkan pada file konfigurasi yang
15 diperlukan.

- 16 – LOGGING_PROPERTIES dan NEWMJNSERVE_LOG

- 17 Konstanta-konstanta tersebut digunakan untuk mengatur lokasi konfigurasi logging dan
18 file log.

- 19 • Atribut

- 20 – server, puller, dan timer

- 21 Atribut-atribut tersebut digunakan untuk mengelola server, menarik data, dan menjalankan tugas terjadwal.

- 23 – portNumber

- 24 Atribut ini berfungsi untuk menetapkan *port default* yang digunakan oleh server.

- 25 – homeDirectory

- 26 Atribut ini digunakan untuk menjadi direktori utama yang diambil dari variabel lingkungan
27 NEWMJNSERVE_HOME, yang diperlukan agar aplikasi berjalan.

- 28 • Method

- 29 – main(String[] args)

- 30 *Method* ini dirancang untuk memproses argumen yang diterima guna memeriksa status server atau menghentikannya. Ketika argumen -c diberikan, fungsi sendCheckStatus akan dipanggil untuk memastikan bahwa server sedang berjalan. Sebaliknya, jika argumen -s diberikan, fungsi sendShutdown akan bertugas mematikan server. Sebelum proses lebih lanjut dilakukan, program memeriksa apakah variabel lingkungan NEWMJNSERVE_HOME telah disetel. Jika tidak, aplikasi akan segera dihentikan. Setelah inisialisasi konfigurasi *logging* selesai, fungsi pullData dijalankan untuk menarik data yang diperlukan. Server kemudian dimulai melalui pemanggilan metode server.start(), dan sebuah ShutdownHook disertakan untuk memastikan penghentian server dilakukan dengan aman.

- 39 – sendCheckStatus(int portNumber) dan sendShutdown(int portNumber)

- 40 Keduanya menggunakan koneksi HTTP untuk mengirim permintaan ke server. *Method* sendCheckStatus berfungsi untuk mengecek status server, sementara *method*

1 **sendShutdown** mengirim permintaan untuk mematikan server.
2 – **pullData()**
3 *Method* ini bertugas untuk menarik data dari sumber SQL dan sumber eksternal lainnya.
4 Jika terjadi perubahan pada file konfigurasi **tracks.conf**, data yang ada akan ditimpak
5 dengan data baru yang diperbarui. Selain itu, proses pembaruan ini akan dicatat dalam
6 log untuk pemantauan perubahan data yang terjadi. *Method* akan mengembalikan nilai
7 **true** apabila penarikan data berhasil dan **false** apabila gagal.
8 – **fileEquals(File file1, File file2)**
9 *Method* ini dirancang untuk membandingkan dua file secara biner untuk menentukan
10 kesamaan di antara keduanya. Jika kedua file memiliki panjang yang berbeda, maka file
11 tersebut secara otomatis dianggap tidak identik. Selain itu, jika ditemukan perbedaan
12 byte pada posisi tertentu selama proses pembandingan, posisi perbedaan tersebut akan
13 dicatat dalam log. *Method* akan mengembalikan nilai **true** apabila file *identical* dan
14 **false** apabila tidak.

15 **AdminListener**

16 Kelas ini berfungsi sebagai *handler* HTTP khusus yang menerima perintah-perintah administratif
17 untuk mengelola server *backend* KIRI. Kelas ini memungkinkan aplikasi *backend* menerima dan
18 menjalankan perintah administrasi dari localhost melalui HTTP. Pada kelas ini, terdapat 1 atribut
19 diinisialisasikan serta *method - method* diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

20 • **Atribut**

21 – **worker**

22 Variabel ini bertipe Worker yang merupakan sebuah kelas. **worker** ini diperlukan untuk
23 menjalankan perintah-perintah tertentu, seperti **tracksinfo**.

24 • **Method**

25 – **handle(String target, Request baseRequest, HttpServletRequest request,
26 HttpServletResponse response)**

27 *Method* ini mengimplementasikan penanganan permintaan HTTP dengan memanfaatkan
28 kelas **AbstractHandler** dari *library* Jetty. Ketika sebuah permintaan HTTP diterima,
29 metode ini akan melakukan beberapa langkah. Pertama, sumber permintaan diperiksa
30 untuk memastikan bahwa hanya permintaan dari localhost yang diterima. Selanjutnya,
31 metode ini mengurai parameter query string dari URL untuk mengidentifikasi perintah
32 yang diminta. Dengan pendekatan ini, setiap permintaan dapat diproses sesuai dengan
33 parameter yang dikirimkan.

34 *Method* ini mendukung berbagai jenis perintah yang dapat diterima melalui permintaan
35 HTTP. Salah satu perintah adalah **forceshutdown**, yang berfungsi untuk menghentikan
36 server setelah jeda satu detik dengan menjalankan **System.exit(0)** dalam sebuah thread
37 baru. Perintah lain, yaitu **tracksinfo**, akan mengembalikan informasi mengenai jalur jika
38 worker telah diinisialisasi, menggunakan metode **worker.printTracksInfo()**. Selain
39 itu, perintah ping akan mengembalikan string "pong" untuk memverifikasi bahwa server
40 sedang aktif. Apabila perintah yang diterima tidak valid atau tidak dikenali, metode ini
41 akan mengembalikan status dan pesan kesalahan yang sesuai.

Pengaturan status dan pesan respons dilakukan berdasarkan hasil dari setiap perintah yang diproses. Jika perintah berhasil dijalankan, status `HttpStatus.OK_200` akan dikembalikan. Jika permintaan berasal dari alamat selain localhost, status yang dikembalikan adalah `HttpStatus.FORBIDDEN_403`. Permintaan yang tidak mencantumkan perintah akan menerima status `HttpStatus.BAD_REQUEST_400`, sedangkan jika worker belum siap, status `HttpStatus.SERVICE_UNAVAILABLE_503` akan diberikan.

NewMenjanganServer

Kelas ini berfungsi untuk menginisialisasi dan menjalankan server HTTP yang mendengarkan permintaan pada backend KIRI. Server ini menggunakan *library* Jetty untuk menangani permintaan HTTP. Pada kelas ini, terdapat 1 konstanta dan 6 atribut. Selain itu, terdapat sebuah konstruktor dan *method - method* diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

- **Konstanta**

- `DEFAULT_PORT_NUMBER`

Merupakan nomor port *default* yang digunakan jika tidak ada port yang ditentukan.

- **Atribut**

- `worker`

Merupakan instance dari kelas Worker.

- `admin`

Merupakan instance dari kelas AdminListener.

- `service`

Merupakan instance dari kelas ServiceListener.

- `httpServer`

Merupakan server Jetty yang akan mendengarkan permintaan HTTP.

- `portNumber`

Bertujuan untuk menyimpan port yang digunakan server.

- `homeDirectory`

Bertujuan untuk menyimpan direktori *home* yang digunakan oleh server.

- **Konstruktor**

- `NewMenjanganServer(int portNumber, String homeDirectory)`

Bertujuan untuk menginisialisasi komponen-komponen utama server. Pada tahap awal, sebuah objek `worker` dibuat dengan menerima `homeDirectory` sebagai parameter, sehingga memungkinkan `worker` mengakses file yang dibutuhkan. Selanjutnya, objek `admin` dan `service` diinisialisasi untuk menangani permintaan. Selain itu, sebuah *instance* `httpServer` dibuat dan dikonfigurasi agar dapat mendengarkan pada *port* yang telah ditentukan dan juga `AbstractHandler` ditambahkan ke `httpServer` untuk mengarahkan permintaan HTTP ke *method* yang sesuai.

- **Method**

- `clone()`

Method ini bertujuan untuk membuat salinan baru dari objek `NewMenjanganServer` dengan mempertahankan nilai yang sama untuk variabel `portNumber` dan `homeDirectory`. Dalam kasus di mana proses *cloning* gagal, metode ini akan mencatat pesan kesalahan

- 1 ke dalam *log* global untuk memastikan bahwa kegagalan tersebut tercatat.
2 – **start()** dan **stop()** Kedua metode ini berfungsi untuk mengelola server HTTP. Metode
3 start digunakan untuk menjalankan server sehingga dapat mulai mendengarkan dan
4 memproses permintaan yang masuk. Sebaliknya, metode stop bertugas menghentikan
5 server HTTP, memastikan bahwa semua aktivitas server dihentikan dengan aman.

6 **ServiceListener**

7 Kelas ini bertanggung jawab untuk menangani permintaan layanan pada server KIRI. Class ini
8 menerima permintaan HTTP untuk mencari rute dan transportasi terdekat berdasarkan parameter
9 yang diberikan. Pada kelas ini, terdapat 6 konstanta dan 1 atribut. Selain itu, terdapat sebuah
10 konstruktor dan *method - method* diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

11 • **Konstanta**

- 12 – `PARAMETER_START`, `PARAMETER_FINISH`, `PARAMETER_MAXIMUM_WALKING`,
13 `PARAMETER_WALKING_MULTIPLIER`, `PARAMETER_PENALTY_TRANSFER`, dan
14 `PARAMETER_TRACKTYPEID_BLACKLIST`

15 Semua konstanta tersebut digunakan untuk menentukan parameter permintaan.

16 • **Atribut**

- 17 – `worker`

18 Merupakan *instance* dari *class Worker*, yang bertanggung jawab untuk menemukan rute
19 dan transportasi

20 • **Method**

- 21 – `handle(String target, Request baseRequest, HttpServletRequest request,`
22 `HttpServletResponse response)`

23 *Method* ini bertanggung jawab untuk menangani permintaan HTTP dan menghasilkan
24 respons yang sesuai. Dalam prosesnya, variabel *query* digunakan untuk menyimpan
25 string parameter permintaan, sementara *params* adalah objek *Map* yang berisi parameter
26 permintaan yang telah diurai menggunakan *method parseQuery(query)*. Untuk me-
27 nentukan hasil yang akan dikirimkan, *method* ini menggunakan variabel *responseText*
28 untuk menyimpan teks respons dan *responseCode* untuk menyimpan status HTTP yang
29 akan dikembalikan kepada klien.

- 30 – `parseQuery(String query)`

31 *Method* ini bertugas untuk memproses *string query* dan mengonversinya menjadi sebuah
32 objek *Map* yang berisi pasangan kunci dan nilai. Proses dimulai dengan memecah *query*
33 berdasarkan karakter & untuk mendapatkan setiap pasangan kunci dan nilai secara
34 terpisah. Selanjutnya, setiap pasangan dipecah lebih lanjut berdasarkan karakter = untuk
35 memisahkan kunci dari nilainya. Jika *query* yang diterima bernilai *null*, *method* ini akan
36 melemparkan *NullPointerException* sebagai penanganan kesalahan.

37 **Worker**

38 Kelas ini bertanggung jawab untuk menangani permintaan routing (pencarian rute) menggunakan
39 algoritma pencarian jalur terpendek. Fungsinya adalah untuk memproses permintaan rute berda-
40 sarkan data graf, dengan mempertimbangkan parameter jarak berjalan kaki, penalti transfer, dan

1 lainnya. Pada kelas ini, terdapat 8 atribut. Selain itu, terdapat konstruktor dan method - method
2 diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

3 • **Atribut**

- 4 – **globalMaximumWalkingDistance**
5 Merepresentasikan jarak maksimal untuk berjalan kaki.
- 6 – **global_maximum_transfer_distance**
7 Merepresentasikan arak maksimal untuk *transfer node*.
- 8 – **globalMultiplierWalking**
9 Berfungsi sebagai faktor pengali jarak berjalan kaki.
- 10 – **globalPenaltyTransfer**
11 Merepresentasikan nilai penalti untuk *transfer node*.
- 12 – **numberOfRequests**
13 Merepresentasikan jumlah permintaan yang diproses.
- 14 – **totalProcessTime**
15 Merepresentasikan total waktu proses (dalam milidetik).
- 16 – **tracks**
17 Merepresentasikan daftar rute (jalur transportasi) yang tersedia.
- 18 – **nodes**
19 Representasi graf dari seluruh *node*.

20 • **Konstruktor**

- 21 – **public Worker(String homeDirectory)**
22 Konstruktor ini membaca file konfigurasi utama yang disebut **MJNSERVE_PROPERTIES**
23 untuk memuat pengaturan yang dibutuhkan. Selanjutnya, data graf jalur diambil dari
24 file konfigurasi tambahan, yaitu **TRACKS_CONF**, untuk membangun struktur jalur yang
25 akan digunakan. Setelah itu, *method linkAngkots()* dijalankan untuk menghubungkan
26 *node-node* angkot, memastikan keterhubungan jalur transportasi dalam graf. Terakhir,
27 metode **cleanUpMemory()** dipanggil untuk membersihkan memori sementara, sehingga
28 efisiensi dan stabilitas sistem tetap terjaga.

29 • **Method**

- 30 – **cleanUpMemory()**
31 *Method* ini berfungsi untuk membersihkan memori yang digunakan selama proses kom-
32 putasi.
- 33 – **readConfiguration(String filename)**
34 *Method* ini berfungsi untuk membaca konfigurasi dari file properti dan menyimpan nilai
35 ke dalam variabel global.
- 36 – **printTracksInfo()**
37 *Method* ini berfungsi untuk membuat ringkasan informasi tentang rute (*track*) dan *node*
38 yang dimuat dalam aplikasi.
- 39 – **findRoute(LatLon start, LatLon finish, Double customMaximumWalkingDistance,**
40 **Double customMultiplierWalking, Double customPenaltyTransfer, Set<String>**
41 **trackTypeIdBlacklist)**
42 *Method* ini dirancang untuk membangun graf virtual sebagai bagian dari proses pencarian

1 rute. Proses dimulai dengan menambahkan *node start* dan *end* ke dalam graf, yang me-
2 wakili titik awal dan tujuan perjalanan. Setelah itu, *node-node* dalam graf dihubungkan
3 menggunakan jarak berjalan kaki untuk mencerminkan kemungkinan pergerakan pejalan
4 kaki. Selanjutnya, algoritma Dijkstra dijalankan untuk menghitung dan menemukan rute
5 terpendek antara *node start* dan *end*. Sebagai hasil akhirnya, langkah-langkah rute yang
6 ditemukan disusun dalam format protokol Kalapa-Dago untuk memberikan panduan
7 perjalanan yang terstruktur dan dapat diinterpretasikan dengan mudah.

8 – **resetStatistics()**

9 *Method* ini bertujuan untuk mereset statistik pemrosesan server. Dalam prosesnya,
10 jumlah permintaan (**numberOfRequests**) diatur ulang menjadi nol untuk menghapus
11 data historis mengenai jumlah permintaan yang telah diterima. Selain itu, waktu
12 pemrosesan total (**totalProcessTime**) juga diatur ulang menjadi nol untuk menghapus
13 catatan akumulasi waktu yang digunakan dalam memproses permintaan.

14 – **getNumberOfRequests()**

15 *Method* ini mengembalikan jumlah permintaan yang telah diproses sejak statistik terakhir
16 diatur ulang.

17 – **getTotalProcessTime()**

18 *Method* ini mengembalikan total waktu pemrosesan semua permintaan dalam detik.

19 – **readGraph(String filename)**

20 *Method* ini dirancang untuk membangun graf dengan membaca data dari file yang berisi
21 informasi lintasan, node, dan koneksi antar node. Proses dimulai dengan membaca file
22 untuk mengambil detail lintasan, node, serta hubungan koneksi di antara keduanya. Graf
23 kemudian dibuat untuk merepresentasikan struktur jaringan yang akan digunakan dalam
24 proses pencarian rute. *Method* ini mengembalikan nilai **true** apabila berhasil dan **false**
25 apabila gagal.

26 – **linkAngkots()**

27 *Method* membangun *K-D Tree* yang digunakan untuk mempermudah pencarian node
28 terdekat. Metode ini juga menghubungkan node transfer yang berada dalam batas jarak
29 transfer maksimum, sehingga memastikan konektivitas antar node sesuai dengan aturan
30 jarak yang telah ditentukan.

31 – **toString()**

32 *Method* ini mengembalikan representasi string dari semua *track* yang dimuat.

33 – **findNearbyTransports(LatLon start, Double customMaximumWalkingDistance)**

34 *Method* ini bertujuan untuk menemukan transportasi terdekat dari lokasi tertentu dengan
35 menghitung jarak dari lokasi awal ke setiap *track* dalam graf. Setelah semua jarak dihitung,
36 *method* ini akan menentukan lintasan dengan jarak minimum yang masih berada dalam
37 batas yang dapat dijangkau dengan berjalan kaki. *Method* ini mengembalikan informasi
38 dari transportasi yang ditemukan dalam bentuk *string*.

1 **DataPuller**

2 Kelas ini bertanggung jawab untuk mengambil data jalur dari basis data dan memprosesnya dalam
3 bentuk yang diinginkan. Kelas ini menggunakan JDBC untuk koneksi ke basis data MySQL dan
4 mengubah data jalur menjadi koordinat. Selain itu, kelas ini menambahkan titik-titik virtual untuk
5 memenuhi jarak maksimum tertentu antar titik. Pada kelas ini, terdapat 2 konstanta serta *method* -
6 *method* diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

7 • **Konstanta**

8 – **EARTH_RADIUS**

9 Konstanta tersebut merupakan radius Bumi dalam kilometer dan digunakan untuk
10 menghitung jarak antar titik koordinat.

11 – **MAX_DISTANCE**

12 Konstanta tersebut merupakan jarak maksimum antar titik yang diizinkan, jika jarak
13 antar dua titik melebihi nilai ini, titik-titik virtual akan ditambahkan di antaranya.

14 • **Method**

15 – **pull(File sqlPropertiesFile, PrintStream output)**

16 Berfungsi untuk mengambil data dari tabel tracks di basis data, kemudian menuliskan
17 hasil format jalur dalam format yang ditentukan. *Method* ini memuat data dari file
18 properti, terhubung ke basis data, dan melakukan query untuk mengambil data yang
19 diperlukan. Hasil query diolah dan ditulis ke *output*.

20 – **lineStringToLngLatArray(String wktText)**

21 Mengubah data koordinat dalam format LINESTRING menjadi array LngLatAlt. Ini
22 menghilangkan teks LINESTRING dan tanda kurung, kemudian memecah data menjadi
23 objek koordinat texttLngLatAlt. *Method* ini mengembalikan array koordinat, yang
24 berisi array objek LngLatAlt yang mewakili koordinat LineString.

25 – **computeDistance(LngLatAlt p1, LngLatAlt p2)**

26 Menghitung jarak antara dua titik koordinat. *Method* ini mempertimbangkan kelengkungan
27 bumi dalam perhitungan jaraknya. *Method* ini mengembalikan jarak yang dihitung
28 antara dua titik.

29 – **formatTrack**

30 Mengonversi informasi jalur yang diambil dari basis data ke format konfigurasi yang
31 dibutuhkan. Metode ini mengatur titik transit, menambahkan titik virtual, dan menyusun
32 informasi jalur dalam format konfigurasi yang diinginkan.

33 **DataPuller.RouteResult**

34 Merupakan sebuah *static nested class* yang menyimpan hasil akhir dalam format konfigurasi sebagai
35 string **trackInConfFormat**, yang dapat diambil dengan *method* **getTrackInConfFormat()**.

36 **DataPullerException**

37 Kelas ini adalah kelas *custom exception* yang dibuat untuk menangani kesalahan khusus yang terjadi
38 saat pemrosesan data dalam kelas DataPuller. Kelas ini memperluas **RuntimeException**, sehingga
39 DataPullerException adalah *unchecked exception* dan tidak memerlukan penanganan eksplisit

1 dengan blok *try-catch* di tempat pemanggilannya. Pada kelas ini, terdapat sebuah konstanta serta
2 konstruktor yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

3 • **Konstanta**

4 – **serialVersionUID**

5 Menyimpan ID *serial*. ID ini memastikan data yang disimpan atau dikirimkan tetap
6 cocok dengan versi kelas yang digunakan saat objek tersebut dibaca kembali. Hal ini
7 penting, terutama jika kelas ini mengalami perubahan struktur, agar versi yang berbeda
8 tetap dapat dikenali atau mencegah kesalahan jika struktur sudah tidak cocok.

9 • **Konstruktor**

10 – **DataPullerException(String message)**

11 Konstruktor ini menerima pesan kesalahan dalam bentuk String, yang kemudian dite-
12 ruskan ke konstruktor *superclass RuntimeException* untuk disimpan dan nantinya dapat
13 diambil dengan metode **getMessage()**. Pesan ini bertujuan untuk memberikan informasi
14 yang lebih rinci tentang kesalahan yang terjadi.

15 **LatLon**

16 Kelas ini berfungsi untuk merepresentasikan posisi geografis dengan koordinat lintang (*latitude*)
17 dan bujur (*longitude*). Pada kelas ini terdapat metode untuk menghitung jarak antara dua titik
18 koordinat berdasarkan jarak permukaan bumi. Penggunaannya bisa ditemui pada sistem yang
19 memerlukan perhitungan atau pengelolaan data geografis. Pada kelas ini, terdapat 1 konstanta dan
20 2 atribut. Selain itu, terdapat konstruktor dan *method - method* diimplementasikan yang memiliki
21 penjelasan sebagai berikut:

22 • **Konstanta**

23 – **EARTH_RADIUS**

24 Menyimpan nilai jari-jari Bumi dalam satuan kilometer (6371.0 km). Konstanta ini
25 digunakan dalam perhitungan jarak antara dua titik geografis.

26 • **Atribut**

27 – **lat**

28 Merepresentasikan nilai lintang suatu titik.

29 – **lon**

30 Merepresentasikan nilai bujur suatu titik.

31 • **Konstruktor**

32 – **LatLon(float lat, float lon)**

33 Konstruktor ini menerima dua parameter, **lat** (*latitude*) dan **lon** (*longitude*), yang
34 disimpan langsung dalam atribut publik kelas.

35 – **LatLon(String latlon)**

36 Konstruktor ini menerima parameter tunggal berupa String dengan format *latitude,longitude*. String ini kemudian dipisah berdasarkan tanda koma (", "), lalu nilai-nilai
37 yang diperoleh diubah menjadi float dan disimpan dalam atribut **lat** dan **lon**.

38 • **Method**

39 – **toString()**

40 *Method* ini mengembalikan representasi string dari objek LatLon, berupa lat lon, yang

menyajikan lintang dan bujur dalam format yang sederhana.

- `distanceTo(LatLon target)`

Method ini menghitung jarak antara objek LatLon saat ini dengan objek LatLon lain (*target*). *Method* ini mengembalikan jarak yang dihitung antara objek LatLon saat ini dan objek LatLon target dalam kilometer.

6 UnrolledLinkedList

Kelas ini merupakan struktur data khusus berbasis linked list yang berfungsi sebagai implementasi daftar berantai (linked list) yang memanfaatkan ArrayList sebagai penyimpanan internal. Pada kelas ini, terdapat 2 atribut. Selain itu, terdapat konstruktor dan *method - method* diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

- **Atribut**

- `internalArray`

Menyimpan elemen-elemen di dalam setiap *node* `UnrolledLinkedList`.

- `nextList`

Referensi ke `UnrolledLinkedList` berikutnya (jika ada) untuk membentuk hubungan antara *node-node* `UnrolledLinkedList`.

- **Konstruktor**

- `UnrolledLinkedList()`

Inisialisasi `UnrolledLinkedList` dengan membuat `internalArray` kosong dan `nextList` sebagai `null`.

- **Method**

- `add(E e)`

Menambahkan elemen *e* ke `internalArray` pada `UnrolledLinkedList` saat ini.

- `iterator()`

Mengembalikan iterator (`FastLinkedListIterator`) yang dapat digunakan untuk menavigasi elemen-elemen di dalam `UnrolledLinkedList`.

- `addAll(UnrolledLinkedList<E> elements)`

Menambahkan semua elemen dari sebuah objek `UnrolledLinkedList<E>` lain (*elements*) ke dalam *list* yang sedang diproses (*this*).

- `size()`

Menghitung total elemen di seluruh `UnrolledLinkedList`, termasuk yang ada di `nextList` dan mengembalikan nilai total elemen tersebut.

- `cleanUpMemory()`

Mengurangi ukuran `internalArray` ke jumlah elemen yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan memori.

36 UnrolledLinkedList.FastLinkedListIterator

Inner class ini merupakan iterator yang digunakan untuk menjelajahi atau mengambil elemen-elemen dalam `UnrolledLinkedList` satu per satu secara berurutan. Dalam *inner class* ini juga terdapat 3 atribut serta beberapa *method* yang diimplementasikan.

- **Atribut**

```

1   - currentList
2     Menunjuk pada UnrolledLinkedList saat ini yang sedang diiterasi.
3   - currentIndex
4     Posisi indeks di internalArray pada currentList.
5   - globalIndex
6     Posisi indeks global yang melacak elemen secara keseluruhan di seluruh UnrolledLinke-
7     dList.

8 • Method
9   - hasNext()
10    Mengecek apakah masih ada elemen berikutnya di dalam internalArray atau di
11      nextList dan mengembalikan nilai true apabila masih ada dan false apabila tidak.
12   - next()
13    Mengembalikan elemen berikutnya dalam iterasi. Jika sudah mencapai akhir internalArray,
14      beralih ke nextList.
15   - hasPrevious() dan previous()
16    Melempar UnsupportedOperationException.
17   - nextIndex() dan previousIndex()
18    Mengembalikan indeks global berikutnya atau sebelumnya.
19   - remove()
20    Melempar UnsupportedOperationException.
21   - set(E e)
22    Mengganti elemen di currentIndex dengan elemen baru e.
23   - add(E e)
24    Menambahkan elemen e ke dalam UnrolledLinkedList.

```

25 **Track**

26 Kelas Track merepresentasikan sebuah jalur transportasi umum, yaitu jalur angkot atau Transjakarta.
27 Kelas ini menghubungkan node-node dalam sebuah graf menggunakan jalur yang spesifik untuk
28 transportasi tersebut. Pada kelas ini, terdapat 4 atribut. Selain itu, terdapat konstruktor dan
29 *method - method* diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

- 30 • **Atribut**
 - 31 - **trackTypeId**
32 Menyimpan jenis jalur transportasi, seperti "angkot" atau "transjakarta".
 - 33 - **trackId**
34 Menyimpan ID spesifik dari jalur transportasi, seperti "kalapaledeng" atau "cicaheumci-
35 royom".
 - 36 - **trackPath**
37 Menyimpan daftar node (**GraphNode**) yang membentuk jalur.
 - 38 - **penalty**
39 Menyimpan nilai penalti yang akan digunakan untuk memengaruhi biaya jalur saat
40 algoritma pencarian jalur dijalankan.
- 41 • **Konstruktor**

```

1   – public Track(String fullyQualifiedTrackId)
2       Menginisialisasi sebuah objek Track menggunakan ID jalur lengkap dalam format
3       trackTypeId.trackId.
4   • Method
5       – getTrackId()
6           Mengembalikan ID jalur (trackId).
7       – getTrackTypeId()
8           Mengembalikan jenis jalur (trackTypeId).
9       – getPenalty()
10      Mengembalikan nilai penalti.
11      – setPenalty(double penalty)
12          Mengatur nilai penalti untuk suatu jalur.
13      – toString()
14          Mengembalikan representasi string dari objek Track, meliputi jenis jalur, ID jalur, dan
15          jumlah node.
16      – addNode(GraphNode node)
17          Menambahkan sebuah node ke dalam jalur (trackPath).
18      – getNode(int idx)
19          Mengambil dan mengembalikan node berdasarkan indeks dalam trackPath.
20      – getSize()
21          Mengembalikan jumlah node dalam jalur.

```

22 **GraphEdge**

23 Kelas ini mewakili sebuah *edge* (sisi) dalam struktur data graf. *Edge* ini digunakan dalam konteks
24 perhitungan jalur atau algoritma graf lainnya. Pada kelas ini, terdapat 2 atribut. Selain itu,
25 terdapat konstruktor dan *method - method* diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai
26 berikut:

- 27 • **Atribut**

```

28   – node
29       Menunjukkan simpul (node) yang dituju oleh edge ini. Edge ini menghubungkan dua
30       node dengan arah tertentu dari satu node ke node yang lain, dan node menunjukkan
31       simpul akhir yang menjadi tujuan.

```

```

32   – weight
33       Menunjukkan bobot dari edge ini. Dalam konteks jalur terpendek atau algoritma lainnya,
34       bobot ini bisa berarti jarak, waktu tempuh, atau biaya yang diperlukan untuk bergerak
35       dari node asal menuju node yang ditunjuk oleh node.

```

- 36 • **Konstruktor**

```

37   – GraphEdge(int node, double weight)
38       Konstruktor ini mengambil dua parameter, node dan weight, untuk menginisialisasi
39       sebuah edge. Ini berarti bahwa setiap edge akan memiliki node tujuan dan bobotnya
40       sendiri yang menunjukkan biaya atau jarak menuju node tersebut.

```

- 41 • **Method**

- 1 – `int getNode()`
2 Method ini mengembalikan nilai *node* yang dituju oleh *edge* ini yang bertujuan untuk
3 mendapatkan informasi tentang *node* tujuan.
- 4 – `double getWeight()`
5 Method ini mengembalikan bobot dari *edge* saat ini, yang dapat digunakan dalam
6 perhitungan atau penelusuran jalur dalam graf.

7 **GraphNode**

8 Kelas ini berfungsi untuk merepresentasikan sebuah *node* (simpul) dalam sebuah graf. *Node* ini
9 digunakan untuk menyimpan informasi tentang lokasi geografis, koneksi ke *node* lain, dan atribut
10 tertentu yang berhubungan dengan transportasi umum. Kelas ini dapat digunakan untuk membuat
11 struktur graf yang akan mencerminkan rute dan jalur transportasi, sehingga memudahkan pemodelan
12 dalam algoritma pencarian rute. Pada kelas ini, terdapat 4 atribut. Selain itu, terdapat konstruktor
13 dan *method - method* diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

- 14 • **Atribut**

- 15 – `location`
16 Atribut ini menyimpan lokasi *node* dalam bentuk koordinat lintang dan bujur. `location`
17 merupakan objek dari `LatLon`, yang menyimpan posisi geografis dalam satuan derajat.
- 18 – `edges`
19 Atribut ini menyimpan daftar dari semua *edge* (sisi) atau jalur keluar dari node ini. Jalur
20 keluar ini mengarah ke node lain, menciptakan koneksi dalam graf. `edges` diimplementa-
21 sikan menggunakan `UnrolledLinkedList`.
- 22 – `track`
23 Atribut ini berfungsi sebagai referensi balik ke informasi rute (track) dari node. Dengan
24 atribut ini, sistem dapat mengetahui rute atau *track* mana yang terkait dengan node
25 tersebut.
- 26 – `isTransferNode`
27 Atribut ini menunjukkan apakah *node* tersebut adalah *node transfer*. Dalam konteks
28 transportasi umum, sebuah *node transfer* memungkinkan pengguna untuk turun atau
29 naik kendaraan umum dari node tersebut. Jika bernilai *true*, berarti *node* ini adalah
30 *node transfer*.

- 31 • **Konstruktor**

- 32 – `GraphNode(LatLon location, Track track)`
33 Konstruktor ini membuat instance baru dari kelas `GraphNode` dengan lokasi (`LatLon`)
34 dan referensi rute (`track`). Saat diinisialisasi, atribut `isTransferNode` diatur ke *false*
35 secara *default*, dan `edges` diinisialisasi sebagai daftar kosong dari objek `GraphEdge`.

- 36 • **Method**

- 37 – `getEdges()`
38 Mengembalikan daftar `edges`, yaitu daftar sisi keluar dari *node* ini. Daftar ini dapat
39 digunakan untuk mengetahui semua koneksi dari *node* ke *node* lain dalam graf.
- 40 – `push_back(int node, float weight)`
41 Method ini menambahkan sisi baru ke daftar `edges` dengan memasukkan informasi *node*

1 tujuan dan bobotnya. Bobot (*weight*) mencerminkan jarak atau biaya perjalanan ke
 2 *node* lain.

3 – **link(GraphNode nextNode)**
 4 *Method* ini menghubungkan *node* ini dengan *node* lain (*nextNode*) dengan menambahkan
 5 semua sisi (*edges*) dari *node* berikut ke daftar sisi (*edges*) *node* ini.

6 – **getLocation()**
 7 Mengembalikan lokasi geografis dari *node* ini dalam bentuk objek **LatLon**

8 – **getTrack()**
 9 Mengembalikan referensi rute (*track*) yang terkait dengan *node* ini. Ini memungkinkan
 10 akses ke informasi rute dari *node*.

11 – **toString()**
 12 Mengembalikan representasi teks dari *node* ini, yang mencakup informasi lokasi dan
 13 status apakah *node* ini adalah *node transfer* atau bukan.

14 – **setTransferNode(boolean b)**
 15 Mengatur apakah *node* ini merupakan *node transfer* berdasarkan parameter . Jika *b*
 16 bernilai *true*, maka *node* akan dianggap sebagai *node transfer*.

17 – **isTransferNode()**
 18 Mengembalikan nilai *boolean* yang menunjukkan apakah *node* ini adalah *node transfer*
 19 (*true*) atau bukan (*false*).

20 Graph

21 Kelas ini adalah kelas yang merepresentasikan sebuah graf, yaitu kumpulan dari *node-node*
 22 (**GraphNode**). Dengan metode **rangeSearch**, kelas ini dapat mendukung pencarian node dalam
 23 radius tertentu, yang berguna dalam pemodelan rute. Kelas ini tidak memiliki atribut selain dari
 24 **ArrayList** yang diwarisi, karena kelas ini mewarisi semua fungsi dari **ArrayList** dan berfungsi
 25 untuk menyimpan node-node dalam bentuk **GraphNode**. Terdapat 2 konstruktor dan *method - method* -
 26 *method* diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

- 27 • **Konstruktor**

28 – **Graph()** Konstruktor ini membuat sebuah objek **Graph** tanpa menentukan kapasitas awal.
 29 Dengan kata lain, kapasitas akan ditentukan berdasarkan elemen yang ditambahkan.

30 – **Graph(int capacity)**
 31 Konstruktor ini membuat objek **Graph** dengan kapasitas awal tertentu, sesuai dengan
 32 nilai *capacity* yang diberikan.

- 33 • **Method**

34 – **rangeSearch(LatLon center, double distance)**
 35 *Method* ini berfungsi untuk mencari semua node yang berada dalam jangkauan atau
 36 radius tertentu dari suatu titik pusat. Parameter *center* adalah objek **LatLon** yang
 37 menyatakan titik pusat dari area pencarian, dan *distance* adalah radius pencarian
 38 dalam satuan kilometer.
 39 Pada implementasi awal, *method* ini menggunakan perulangan sederhana melalui setiap
 40 **GraphNode** dalam graf (**for(GraphNode node : this)**). Untuk setiap *node* dalam graf,
 41 *method* ini menghitung jarak antara *center* dan lokasi *node* (*node.location*) dengan

1 menggunakan metode `distanceTo` pada objek `LatLon`. Jika jarak antara `center` dan
2 `node` tersebut lebih kecil atau sama dengan `distance`, maka `node` tersebut dianggap
3 berada dalam jangkauan, dan dimasukkan ke dalam `list`. Metode ini mengembalikan `list`,
4 yaitu daftar `GraphNode` yang berada dalam jangkauan dari `center`.

5 **Dijkstra**

6 Kelas ini adalah implementasi dari algoritma Dijkstra yang digunakan untuk mencari jarak terpendek
7 antara dua titik dalam sebuah graf. Algoritma ini bekerja dengan mencari rute dengan bobot
8 terendah atau rute dengan jarak minimum antara node awal dan node tujuan. Pada kelas ini,
9 terdapat 1 konstanta dan 10 atribut. Selain itu, terdapat konstruktor dan *method - method*
10 diimplementasikan yang memiliki penjelasan sebagai berikut:

11 • **Konstanta**

12 – `DIJKSTRA_NULLNODE`

13 Nilai konstan -1 untuk menandakan node yang tidak valid.

14 • **Atribut**

15 – `graph`

16 Daftar `node` dalam graf yang merepresentasikan jalur.

17 – `startNode` dan `finishNode`

18 Menyimpan indeks `node` awal dan akhir dari pencarian.

19 – `nodeInfoLinks`

20 Array `NodeInfo` yang menyimpan informasi jarak terdekat untuk setiap node.

21 – `nodesMinHeap`

22 Array `NodeInfo` yang menyimpan node dalam urutan jarak terpendek untuk mendukung
23 operasi heap dalam algoritma Dijkstra.

24 – `heapsize`

25 Ukuran heap, menandakan jumlah node yang ada dalam heap.

26 – `numOfNodes`

27 Jumlah total node dalam graf.

28 – `memorySize`

29 Ukuran memori yang digunakan.

30 – `multiplierWalking` dan `penaltyTransfer`

31 Faktor pengali dan penalti yang digunakan untuk menghitung bobot tambahan pada
32 node yang terkait dengan jalur pejalan kaki atau transfer angkot.

33 • **Method**

34 – `runAlgorithm(Set<String> trackTypeIdBlacklist)`

35 Merupakan *method* utama untuk menjalankan algoritma Dijkstra yang dirancang untuk
36 menemukan jalur terpendek dalam sebuah graf. Langkah pertama adalah menginisialisasi
37 setiap objek `NodeInfo` dengan jarak awal bernilai `POSITIVE_INFINITY` dan menetapkan
38 jarak awal `node` sumber (`startNode`) menjadi 0. Setelah itu, struktur `nodesMinHeap`
39 diatur ulang menggunakan metode `heapify` untuk mengurutkan `node` berdasarkan jarak
40 terpendek. Proses pencarian dimulai dengan mengambil `node` saat ini (`currentNode`) dari
41 heap, dan pencarian dihentikan jika `node` tersebut adalah `node` tujuan (`finishNode`).

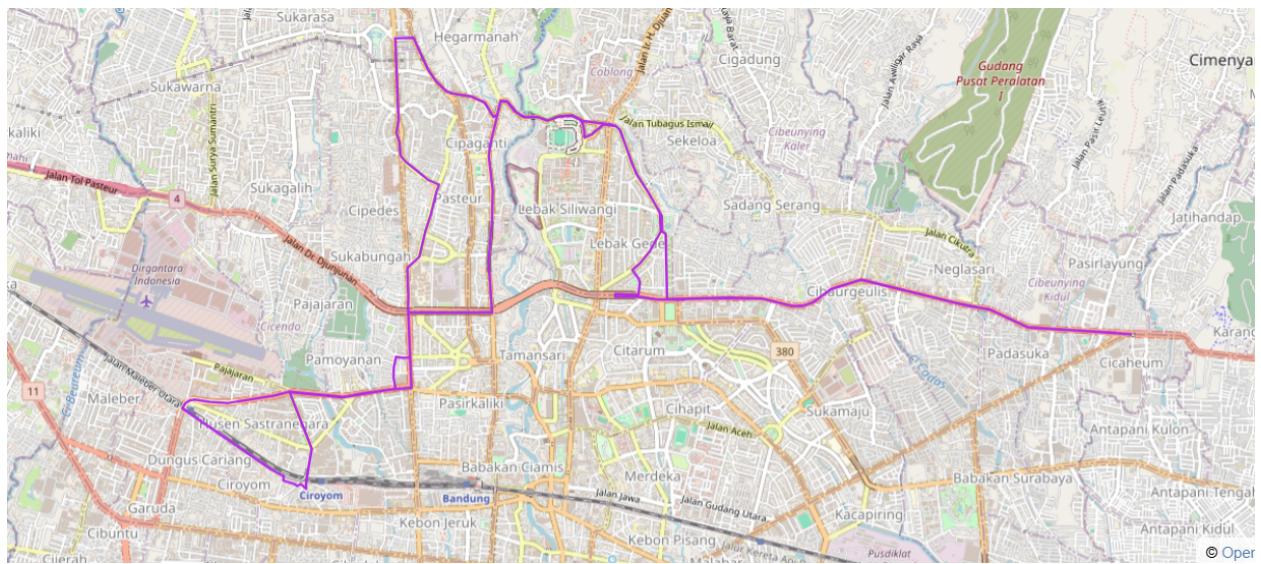
1 Selama iterasi, untuk setiap objek `GraphEdge` yang terhubung dengan `currentNode`,
 2 jarak ke `node` tujuan dihitung menggunakan *method* `calculateWeight`. Jika jarak
 3 baru yang dihitung lebih pendek daripada jarak yang tercatat sebelumnya, dan tidak
 4 termasuk dalam `trackTypeIdBlacklist`, maka jarak tersebut diperbarui. Selanjutnya,
 5 node dengan jarak yang lebih kecil dipindahkan ke posisi yang sesuai dalam heap
 6 menggunakan *method* `heapPercolateUp`. Setelah semua langkah selesai, *method* ini akan
 7 mengembalikan jarak terpendek ke `node` tujuan. Jika tidak ada jalur yang tersedia, nilai
 8 `POSITIVE_INFINITY` akan dikembalikan untuk menandakan kegagalan menemukan jalur.
 9 – `getParent(int node)`
 10 Mengembalikan *parent* (`node` asal) dari `node` yang dimaksud dalam rute terpendek.
 11 – `getDistance(int node)`
 12 Mengembalikan jarak dari `node` awal ke `node` yang diminta.
 13 – `calculateWeight(NodeInfo currentNode, GraphEdge edge)`
 14 *Method* ini bertugas menghitung bobot perjalanan dari `currentNode` ke `node` tujuan
 15 melalui sebuah `edge`. Perhitungan bobot dilakukan berdasarkan beberapa kondisi. Jika
 16 salah satu dari `node` tersebut merupakan jalur pejalan kaki, bobot dihitung dengan mene-
 17 rapkan nilai `multiplierWalking` untuk merepresentasikan jarak berjalan kaki. Jika node
 18 tersebut melibatkan *transfer* angkot, parameter `penaltyTransfer` akan ditambahkan ke
 19 bobot perjalanan. Namun, jika perjalanan tetap berada dalam angkot yang sama, bobot
 20 dihitung berdasarkan nilai bobot dari objek `GraphEdge` serta penalti yang berlaku pada
 21 jalur yang relevan. *Method* ini mengembalikan nilai Double yang mewakili bobot yang
 22 telah dihitung.
 23 – `heapPercolateDown(int index)`
 24 Menjaga agar heap tetap terurut setelah penghapusan node dengan jarak terpendek.
 25 – `heapPercolateUp(int index)`
 26 Memperbarui posisi node dalam heap setelah perubahan jarak.
 27 – `heapDeleteMin()`
 28 Menghapus node dengan jarak terpendek dari heap, dan menyesuaikan urutan heap.
 29 *Method* ini mengembalikan variabel `ret`, yang berisi objek `NodeInfo`.
 30 – `getString(int node)`
 31 Mengembalikan string dari `NodeInfo`.

32 Dijkstra.NodeInfo

33 Merupakan sebuah *static nested class* yang menyimpan data untuk setiap node, seperti `baseIndex`,
 34 `heapIndex`, `distance`, dan `parent`. Selain itu, diimplementasikan juga method `toString()` yang
 35 mengembalikan nilai string dari data-data tersebut yang telah diformat.

36 3.1.2 Pemodelan Graf

37 Pada bagian ini, akan dilakukan analisis mengenai bagaimana rute-rute yang terdapat dalam tabel
 38 "tracks" pada database dapat dimodelkan menjadi sebuah graf oleh NewMenjangan. Gambar 3.2
 39 merupakan visualisasi GIS (*Geographic Information System*) dari rute angkot cicaheum-ciroyom.
 40 Pada saat NewMenjangan dijalankan data dari tabel "tracks" akan diambil menggunakan me-



Gambar 3.2: Rute Ciroyom – Cicaheum

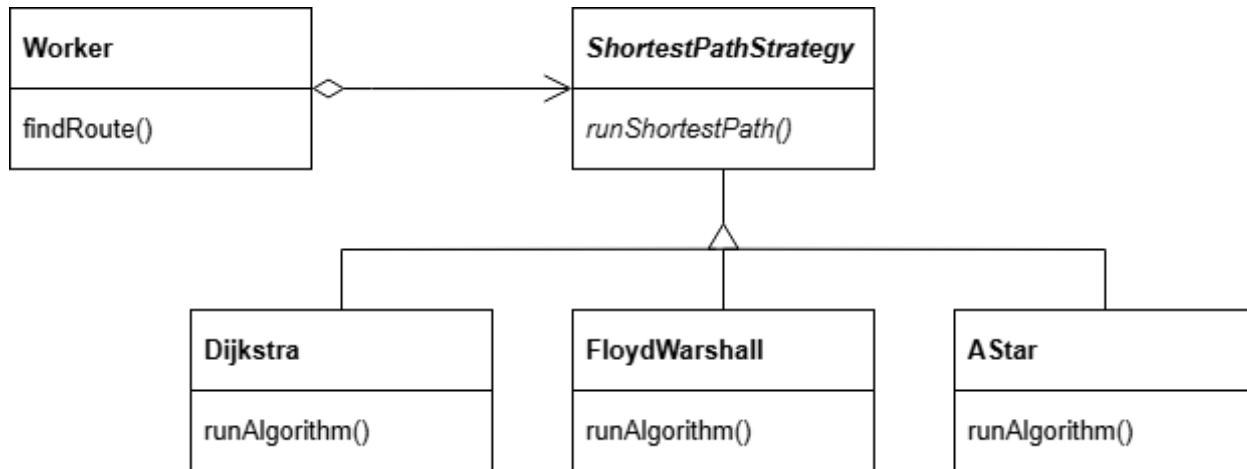
1 thod `pull()` pada kelas DataPuller [3.1.1](#) dalam format LineString [2.3.1](#). Kemudian format
 2 data diubah menjadi bentuk array `LngLatAlt` (*longitude* dan *latitude*) menggunakan method
 3 `lineStringToLngLatArray` yang juga terdapat pada kelas DataPuller [3.1.1](#). Dari Titik-titik yang
 4 terdapat pada array `LngLatAlt` akan dimodelkan menjadi graf dengan menjadikan setiap titik
 5 menjadi sebuah node dan akan dihubungkan dengan edge antara nodenya, selain itu juga apabila
 6 ada dua titik dari rute angkot berbeda atau disebut juga *transferNode* yang jaraknya dibawah dari
 7 konstanta yang telah ditentukan, maka akan dibuatkan juga sebuah edge untuk menghubungkan-
 8 nya. Pemodelan graf tersebut menggunakan method-method pada kelas Worker [3.1.1](#) yang juga
 9 memanfaatkan method-method pada kelas Graph [3.1.1](#), GraphNode [3.1.1](#), LatLon [3.1.1](#), dan Track
 10 [3.1.1](#).

11 **3.2 Analisis Sistem Usulan**

12 Analisis ini dilakukan terhadap sistem usulan yang bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas
 13 dan efisiensi dalam proses pencarian rute terpendek pada perangkat lunak KIRI. Sistem yang
 14 diusulkan mengadopsi strategy pattern sebagai pola desain untuk memisahkan logika implementasi
 15 algoritma shortest path, sehingga memungkinkan penggantian atau penambahan algoritma dengan
 16 lebih mudah. Selain algoritma Dijkstra yang telah diterapkan pada sistem saat ini, sistem usulan
 17 juga mengimplementasikan dua algoritma tambahan, yaitu Floyd-Warshall dan A*. Penambahan
 18 kedua algoritma ini bertujuan untuk memperluas cakupan kebutuhan kasus penggunaan yang
 19 beragam, di mana Floyd-Warshall cocok untuk penghitungan semua pasangan titik, sedangkan A*
 20 menawarkan efisiensi untuk pencarian rute dengan heuristik tertentu. Dengan demikian, sistem
 21 usulan diharapkan dapat mengatasi keterbatasan sistem yang ada, yang saat ini hanya menggunakan
 22 satu algoritma dan belum mengadopsi pola desain modular seperti strategy pattern.

1 3.2.1 Implementasi Strategy Pattern

2 Implementasi strategy pattern pada NewMenjangan bertujuan untuk memberikan KIRI kebebasan
 3 untuk memilih dan menentukan strategi yang akan dipilih, dalam kasus ini adalah algoritma *shortest*
 4 *path*. Selain itu, juga memberikan fleksibilitas yang tinggi serta memberikan kemudahan dalam
 5 menambahkan atau mengganti algoritma ketika proses pengembangan perangkat lunak, seperti
 yang telah dijelaskan pada subbab 2.2.



Gambar 3.3: Struktur Strategy Pattern

6
 7 Gambar 3.3 menunjukkan struktur strategy pattern yang dirancang untuk implementasi yang akan
 8 dilakukan dalam tugas akhir ini. Gambar 3.3 merupakan lanjutan dari gambar 2.3 yang hanya
 9 menggambarkan struktur strategy pattern secara umum. Gambar 3.3 menjelaskan bagaimana
 10 strategy pattern diimplementasikan dengan algoritma Dijkstra, A*, dan Floyd-Warshall sebagai
 11 *concrete strategy*. Kemudian, kelas ShortestPathAlgorithm sebagai *Strategy* dan kelas Worker sebagai
 12 *Context*.

13 3.2.2 Implementasi Algoritma A* dan Algoritma Floyd-Warshall

14 Sistem usulan dirancang untuk meningkatkan performa dan fleksibilitas dalam penentuan rute
 15 terpendek dengan mengimplementasikan algoritma A* dan Floyd-Warshall. Pada sistem saat ini,
 16 hanya algoritma Dijkstra yang telah diimplementasikan. Algoritma A* dan Floyd-Warshall juga
 17 sama seperti algoritma Dijkstra yang termasuk algoritma *shortest path* yang digunakan untuk
 18 mencari rute terdekat, seperti yang sudah dijelaskan pada subbab 2.5.3 dan 2.5.2. Perubahan akan
 19 dilakukan pada NewMenjangan untuk mengimplementasikan algoritma A* dan Floyd-Warshall,
 20 yaitu dengan menambahkan 2 *class* java baru dengan nama Dijkstra.java dan AStar.java.

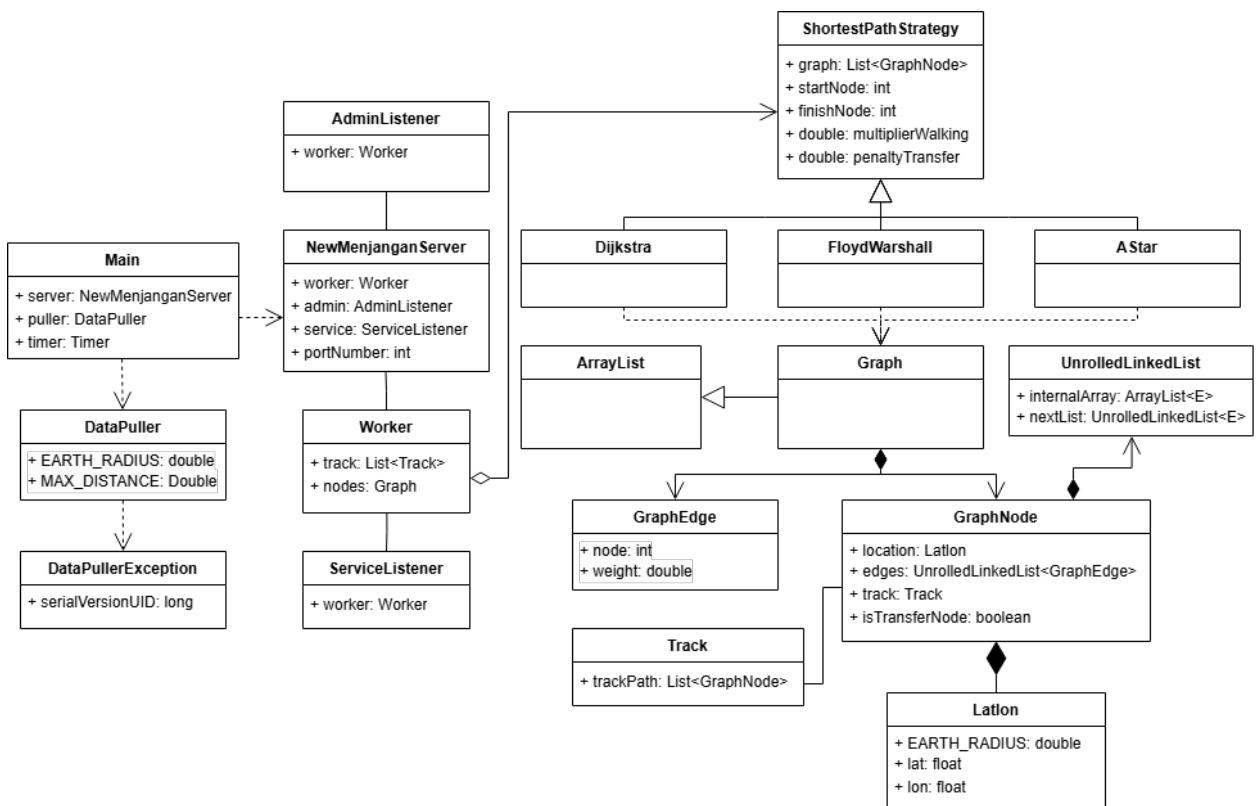
1

BAB 4

2

PERANCANGAN

3 4.1 Perancangan Kelas

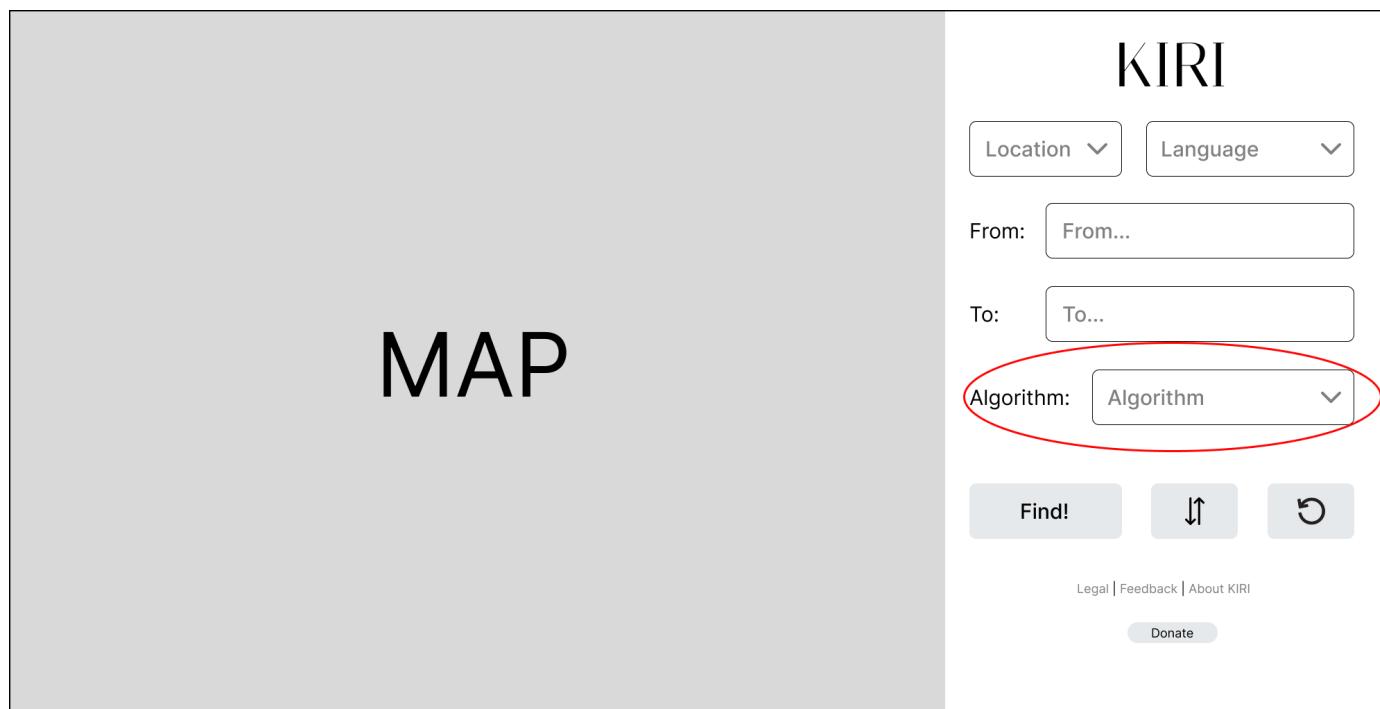


Gambar 4.1: Perancangan Kelas

- 4 Perancangan kelas dilakukan untuk merepresentasikan struktur perangkat lunak setelah dilakukan
5 pengembangan terhadap peran KIRI. Perubahan ini difokuskan pada penerapan Strategy Pattern
6 guna meningkatkan fleksibilitas sistem dalam menggunakan berbagai algoritma pencarian jalur
7 terpendek. Gambar 4.1 menunjukkan struktur kelas setelah pengembangan dilakukan.
8 Sebelumnya, algoritma shortest path diimplementasikan secara langsung dalam sistem menggunakan
9 algoritma Dijkstra. Oleh karena itu, dilakukan perubahan desain dengan menerapkan Strategy Pat-
10 tern dengan dibuatnya kelas abstrak **ShortestPathStrategy** yang menjadi dasar dari semua algoritma
11 shortest path. Kelas-kelas seperti **Dijkstra**, **FloydWarshall**, dan **AStar** kemudian diimplementasikan
12 sebagai turunan dari **ShortestPathStrategy**. Dengan struktur ini, ketiga algoritma tersebut dapat

- 1 saling dipertukarkan tanpa memengaruhi bagian lain dari sistem, karena semuanya mengikuti
 2 superclass-nya, yaitu ShortestPathStrategy. Strategi ini memudahkan sistem dalam memilih dan
 3 menggunakan algoritma pencarian jalur terpendek yang sesuai dengan kebutuhan tertentu. Selain
 4 itu, Struktur kelas seperti GraphNode, GraphEdge, dan Graph tetap dipertahankan, namun kini
 5 berfungsi mendukung berbagai algoritma.
- 6 Kelas ShortestPathStrategy memiliki atribut-atribut yang sebelumnya terdapat pada Dijkstra, yaitu
 7 graph, startNode, finishNode, multiplierWalking, dan penaltyTransfer. Atribut-atribut tersebut
 8 akan diturunkan dan digunakan oleh seluruh algoritma shortest path. Selain itu, kelas ShortestPa-
 9 thStrategy juga memiliki method-method yang di-override dari kelas-kelas algoritma shortest path.
 10 Dengan perancangan ini, perangkat lunak KIRI kini memiliki arsitektur yang lebih modular dan akan
 11 lebih mudah apabila akan dikembangkan lebih lanjut, baik dari sisi algoritma maupun fungsionalitas
 12 lain.

13 **4.2 Perancangan Antarmuka**



Gambar 4.2: Rancangan Antarmuka

- 14 Dilakukan sedikit perubahan pada halaman antarmuka dari perangkat lunak KIRI, yaitu dengan
 15 menambahkan sebuah *dropdown* baru untuk memilih algoritma yang akan digunakan, seperti pada
 16 gambar 4.2. Pada *dropdown* tersebut akan terdiri dari 3 buah algoritma *shortest path* yang sudah
 17 diimplementasikan sebelumnya, yaitu Dijkstra, Floyd-Warshall, dan A-Star.

4.3 Perancangan Protokol

- 2 Dilakukan sedikit modifikasi pada protokol API untuk memberikan fleksibilitas pengguna dalam
3 memilih algoritma jalur terpendek yang akan digunakan, seperti Dijkstra, A*, dan Floyd-Warshall.
4 Modifikasi dilakukan pada bagian *front-end* (Tirtayasa) dan juga *back-end* (NewMenjangan).
5 Perubahan ini hanya menambah satu parameter bau tanpa mengubah struktur data utama sehingga
6 modifikasi dapat dilakukan tanpa mempengaruhi fungsi sistem lainnya secara signifikan.
7 Pada bagian *front-end* perubahan utama terdapat pada antarmuka seperti yang sudah dijelaskan
8 pada sub-bab 4.2. Oleh karena itu, perlu dilakukan juga modifikasi pada protokol API, yaitu
9 akan dilakukan modifikasi pada kelas-kelas yang berkaitan dalam pengiriman data ke bagian
10 *back-end*. Modifikasi tersebut bertujuan agar parameter baru, yaitu algoritma dapat dikirimkan
11 ke bagian *back-end* dengan baik. Pada kelas-kelas tersebut akan ditambahkan paramater baru,
12 yaitu parameter yang akan mengirimkan algoritma yang dipilih. Pada bagian *back-end*, parameter /
13 data algoritma tersebut akan diterima dalam bentuk string. Kemudian dari data string tersebut
14 akan dimanfaatkan sistem untuk memilih algoritma apa yang akan dijalankan untuk melakukan
15 pencarian jalur terpendek.

1

BAB 5

2

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

3 5.1 Implementasi

4 Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai lingkungan implementasi perangkat lunak yang telah
5 dikembangkan beserta hasilnya. Bagian ini terbagi menjadi empat subbagian, yaitu lingkungan
6 perangkat keras, lingkungan perangkat keras, hasil implementasi antarmuka, dan hasil implementasi
7 antarmuka. Implementasi perangkat lunak ini didasarkan pada perancangan yang telah dijelaskan
8 pada Bab 4.

9 5.1.1 Lingkungan Perangkat Keras

10 Perangkat keras yang digunakan dalam mengimplementasi rancangan perangkat lunak memiliki
11 spesifikasi sebagai berikut:

- 12 1. Laptop: ASUS TUF Gaming F15
- 13 2. Processor: Intel(R) Core(TM) i7-12700H (20 CPUs), 2.3GHz
- 14 3. Random Access Memory (RAM): 16GB
- 15 4. Solid State Drive (SSD): 512GB

16 5.1.2 Lingkungan Perangkat Lunak

17 Perangkat lunak yang digunakan dalam mengimplementasi rancangan perangkat lunak memiliki
18 spesifikasi sebagai berikut:

- 19 1. Operating System: Windows 11 Home Single Language
- 20 2. Bahasa Pemrograman:
 - 21 • PHP
 - 22 • Java
 - 23 • Javascript
- 24 3. Framework: CodeIgniter 3.1.13
- 25 4. Code Editor: Visual Studio Code 1.99.3
- 26 5. Perangkat Lunak Pendukung:
 - 27 • XAMPP version 3.3.0
 - 28 • phpMyAdmin 5.2.1
 - 29 • Apache Ant 1.10.15
 - 30 • PHP 8.2.12
 - 31 • Java 19.0.2

5.1.3 Penjelasan Kode Program

Pada bagian ini akan dijelaskan kode-kode program atau kelas-kelas yang telah diimplementasikan untuk mendungkung pengembangan perangkat lunak KIRI. Kode-kode program tersebut mencakup kode program yang baru saja ditambahkan serta kode program yang sudah ada sejak awal dan dilakukan modifikasi. Berikut merupakan penjelasannya.

Dijkstra.java

Kelas ini berfungsi untuk mengimplementasikan algoritma Dijkstra yang digunakan untuk mencari jalur terpendek dari satu titik ke titik lainnya dalam graf berbobot. Secara keseluruhan kelas Dijkstra masih sama seperti yang dijelaskan di 3.1.1. Pada kelas Dijkstra ini, hanya dilakukan sedikit perubahan dari implementasi aslinya (lihat Kode A.1). Perubahan yang dilakukan hanya menambahkan pewarisan (extends ShortestPathStrategy) agar kelas Dijkstra dapat menjadi turunan dari kelas abstrak ShortestPathStrategy, yang berfungsi sebagai kerangka umum untuk berbagai algoritma pencarian jalur.

Kode 5.1: Dijkstra.java

```
14
15  public class Dijkstra extends ShortestPathStrategy
16
```

Selain itu, beberapa *method* di dalam kelas ini diberi anotasi @Override untuk menandakan bahwa metode tersebut mengimplementasikan metode dari kelas induknya.

Kode 5.2: Dijkstra.java

```
19
20  @Override
21  public double runAlgorithm
22
23
24  @Override
25  public int getParent
26
27  @Override
28  public double getDistance
```

Perubahan lainnya, yaitu memindahkan atribut-atribut utama seperti graph, startNode, finishNode, multiplierWalking, dan penaltyTransfer ke kelas induknya sehingga pemanggilan atribut menggunakan super.

Kode 5.3: Dijkstra.java

```
32
33  super(graph, startNode, finishNode, multiplierWalking, penaltyTransfer);
```

AStar.java

Kelas ini adalah implementasi dari algoritma A-Star, yang digunakan untuk mencari jarak terpendek antara dua titik dalam sebuah graf dengan mempertimbangkan heuristic (estimasi jarak ke tujuan). Algoritma ini bekerja dengan mencari rute optimal berdasarkan kombinasi antara jarak yang telah ditempuh (g) dan estimasi jarak yang tersisa ($f = g + h$). Kode program dari AStar.java bisa dilihat pada lampiran A.2 dan berikut merupakan penjelasan dari kode tersebut.

1 • **Atribut**

2 – **graph**

3 Daftar node dalam graf yang merepresentasikan jaringan jalur. Atribut ini merupakan
4 turunan dari kelas induk / *superclass*

5 – **startNode** dan **finishNode**

6 Indeks node awal dan akhir dari pencarian. Atribut ini merupakan turunan dari kelas
7 induk / *superclass*

8 – **nodeInfoLinks**

9 Array **NodeInfo** yang menyimpan informasi seperti jarak yang telah ditempuh (g),
10 estimasi total biaya (f), dan node asal (parent) untuk setiap node.

11 – **openSet**

12 Priority queue yang berisi **NodeInfo** dan mengurutkan node berdasarkan nilai estimasi
13 total biaya (f).

14 – **multiplierWalking** dan **penaltyTransfer**

15 Faktor pengali dan penalti yang digunakan untuk menghitung bobot tambahan pada node
16 yang terkait dengan jalur pejalan kaki atau perpindahan angkot. Atribut ini merupakan
17 turunan dari kelas induk / *superclass*

18 • **Method**

19 – **runAlgorithm(Set<String> trackTypeIdBlacklist)**

20 Method utama untuk menjalankan algoritma. Langkah pertama adalah mengatur jarak
21 dari node awal (g) menjadi 0 dan menghitung estimasi awal (f) menggunakan fungsi
22 heuristic. Node awal kemudian dimasukkan ke dalam openSet. Selama openSet tidak
23 kosong, node dengan nilai f terendah diambil sebagai current. Jika node ini adalah
24 finishNode, maka jarak terpendek (g) dikembalikan. Untuk setiap tetangga dari current,
25 dihitung biaya baru menuju node tersebut menggunakan calculateWeight. Jika biaya baru
26 lebih kecil daripada nilai g yang telah tersimpan, nilai-nilai dalam NodeInfo diperbarui
27 dan node dimasukkan ke openSet. Jika tidak ditemukan jalur ke finishNode, nilai
28 Double.POSITIVE_INFINITY dikembalikan. Method ini diberi anotasi **@Override**
29 karena method ini mengimplementasikan method dari kelas induk / *superclass*.

30 – **getParent(int node)**

31 Mengembalikan parent (node asal) dari node yang dimaksud dalam rute terpendek.
32 Method ini diberi anotasi **@Override** karena method ini mengimplementasikan method
33 dari kelas induk / *superclass*.

34 – **getDistance(int node)**

35 Mengembalikan jarak dari node awal ke node yang diminta (nilai g dari node tersebut).
36 Method ini diberi anotasi **@Override** karena method ini mengimplementasikan method
37 dari kelas induk / *superclass*.

38 – **heuristic(int node)**

39 Fungsi *heuristic* yang mengembalikan estimasi jarak antara node saat ini dan node tujuan
40 menggunakan metode *distanceTo* antar koordinat LatLon.

41 – **calculateWeight(NodeInfo currentNode, GraphEdge edge)**

42 Method ini menghitung bobot perjalanan dari *currentNode* ke node tujuan melalui

1 sebuah edge. Jika salah satu track merupakan jalur pejalan kaki, maka bobot dihitung
2 berdasarkan `multiplierWalking`. Jika perpindahan kendaraan terjadi, maka bobot
3 ditambah `penaltyTransfer`. Jika tetap berada dalam kendaraan yang sama, bobot
4 dikalikan dengan penalti jalur tersebut. Method ini mengembalikan nilai `double` sebagai
5 bobot perjalanan.

6 **AStar.NodeInfo**

7 Merupakan *static nested class* yang menyimpan informasi-informasi berikut ini:

- 8 • **index**
9 Indeks node
- 10 • **g**
11 Jarak dari node awal ke node ini.
- 12 • **f**
13 Estimasi total jarak ($g + \text{heuristic}$).
- 14 • **parent**
15 Node asal yang menuju ke node ini.

16 Kelas ini juga mengimplementasikan `Comparable<NodeInfo>` agar dapat digunakan dalam mengu-
17 rutkan `PriorityQueue` berdasarkan nilai f .

18 **FloydWarshall.java**

19 Kelas ini merupakan implementasi dari algoritma Floyd-Warshall, yaitu algoritma pemrograman
20 dinamis yang digunakan untuk mencari jarak terpendek antar semua pasangan node dalam graf.
21 Algoritma ini sangat efisien untuk graf yang padat dan tidak bergantung pada struktur heap atau
22 antrian prioritas, melainkan menggunakan matriks jarak. Kode program dari `FloydWarshall.java`
23 bisa dilihat pada lampiran A.3 dan berikut merupakan penjelasan dari kode tersebut.

24 • **Atribut**

- 25 – **graph**
26 Daftar node dalam graf yang merepresentasikan jaringan jalur. Atribut ini merupakan
27 turunan dari kelas induk / *superclass*.
- 28 – **startNode** dan **finishNode**
29 Menyimpan indeks node awal dan akhir untuk pencarian rute spesifik. Atribut ini
30 merupakan turunan dari kelas induk / *superclass*
- 31 – **numOfNodes**
32 Menyimpan jumlah total node dalam graf.
- 33 – **dist**
34 Matriks dua dimensi `double[][]` yang menyimpan jarak terpendek antar setiap pasangan
35 node.
- 36 – **parent**
37 Matriks dua dimensi `int[][]` yang menyimpan node asal dari jalur terpendek antara setiap
38 pasangan node.
- 39 – **multiplierWalking** dan **penaltyTransfer**
40 Digunakan untuk menghitung bobot perjalanan tambahan yang melibatkan jalan kaki

1 atau perpindahan antar angkot. Atribut ini merupakan turunan dari kelas induk /
2 *superclass*

3 • Method

4 – `runAlgorithm(Set<String> trackTypeIdBlacklist)`

5 Method utama untuk menjalankan algoritma. Pertama-tama, semua nilai dalam matriks
6 `dist` diinisialisasi dengan jarak langsung antar node berdasarkan edge yang tersedia, dan
7 mempertimbangkan blacklist dari `trackTypeIdBlacklist`. Nilai `parent[i][j]` diatur
8 sesuai asal hubungan. Kemudian, algoritma berjalan dalam tiga *looping* (`k`, `i`, `j`) untuk
9 mengevaluasi apakah melalui node `k` bisa memberikan jalur lebih pendek antara `i` dan `j`.
10 Jika ya, nilai `dist[i][j]` dan `parent[i][j]` diperbarui. Method ini jarak terpendek
11 dari `startNode` ke `finishNode`. Method ini diberi anotasi `@Override` karena method
12 ini mengimplementasikan method dari kelas induk / *superclass*.

13 – `calculateWeight(int fromIndex, GraphEdge edge)`

14 Menghitung bobot perjalanan antara dua node berdasarkan jenis track. Jika salah satu
15 track adalah pejalan kaki, bobot dikalikan dengan `multiplierWalking`. Jika terdapat
16 perpindahan antar kendaraan (track berbeda), penalti `penaltyTransfer` ditambahkan
17 ke bobot. Jika berada dalam kendaraan yang sama, bobot dikalikan penalti jalur.

18 – `getParent(int node)`

19 Mengembalikan parent (node asal) dari node yang dimaksud dalam rute terpendek dari
20 `startNode`. Method ini diberi anotasi `@Override` karena method ini mengimplementa-
21 sikan method dari kelas induk / *superclass*.

22 – `getDistance(int node)`

23 Mengembalikan jarak terpendek dari `startNode` ke node yang diminta berdasarkan
24 matriks `dist`. Method ini diberi anotasi `@Override` karena method ini mengimplementa-
25 sikan method dari kelas induk / *superclass*.

26 **ShortestPathStrategy.java**

27 Kelas ini adalah kelas abstrak yang digunakan sebagai kelas induk untuk berbagai implementasi
28 algoritma *shortest path*, yaitu Dijkstra, A-Star, dan Floyd-Warshall. Kelas ini mengimplementasikan
29 pola desain Strategy Pattern, di mana berbagai algoritma dapat diimplementasikan sebagai subclass
30 dari kelas ini. Tujuannya adalah agar algoritma dapat digunakan secara fleksibel. Kelas ini
31 juga memiliki atribut-atribut yang diturunkan ke subclassnya dan juga method-method yang
32 diimplementasikan pada subclassnya. Kode program kelas ini bisa dilihat pada lampiran [A.4](#).

33 **Worker.java**

34 Kelas ini bertanggung jawab untuk menangani permintaan routing (pencarian rute) menggunakan
35 algoritma pencarian jalur terpendek. Secara keseluruhan kelas Worker masih sama seperti yang
36 dijelaskan di [3.1.1](#).

37 Perubahan yang dilakukan pada Worker hanya sedikit dari implementasi aslinya (lihat Kode
38 [A.5](#)). Salah satu perubahan yang dilakukan adalah pada method `findRoute` ketika melakukan
39 pemanggilan method pada kelas algoritma *shortest path*.

Kode 5.4: Worker.java

```

1   ShorestPathStrategy strategy;
2
3   if ("floydwarshall".equals(algorithm)) {
4       strategy = new FloydWarshall(vNodes, startNode, endNode,
5           customMultiplierWalking, customPenaltyTransfer);
6   } else if ("astar".equals(algorithm)) {
7       strategy = new AStar(vNodes, startNode, endNode,
8           customMultiplierWalking, customPenaltyTransfer);
9   } else {
10      strategy = new Dijkstra(vNodes, startNode, endNode,
11          customMultiplierWalking, customPenaltyTransfer);
12  }
13
14
15  strategy.runAlgorithm(trackTypeIdBlacklist);
16
17

```

17 Pada saat ini kelas yang dipanggil merupakan kelas induk, yaitu kelas `ShortestPathStrategy` yang
 18 pada sebelumnya langsung memanggil kelas Dijkstra. Selain itu ada kondisi untuk mendukung
 19 pemilihan algoritma yang akan digunakan dalam perhitungan. Selain itu ditambahkan juga baris
 20 kode untuk mencatat waktu proses dari perhitungan.

21 ServiceListener.java

22 Kelas ini bertanggung jawab untuk menangani permintaan layanan pada server KIRI. Kelas ini
 23 menerima permintaan HTTP untuk mencari rute dan transportasi terdekat berdasarkan parameter
 24 yang diberikan seperti yang sudah dijelaskan di [3.1.1](#). Pada kelas ini perubahan yang dilakukan
 25 hanya menambah satu parameter saja, yaitu parameter `PARAMETER_ALGO` yang diperlukan untuk
 26 pemilihan algoritma yang akan digunakan dalam perhitungan. Kode program kelas ini bisa dilihat
 27 pada lampiran [A.6](#).

28 main.php

29 Kelas ini bertanggung jawab sebagai antarmuka dari perangkat lunak KIRI. Perubahan yang
 30 dilakukan pada kelas ini yaitu dengan menambahkan baris kode untuk sebuah *dropdown* baru untuk
 31 memilih algoritma. Berikut merupakan baris kode yang ditambahkan.

Kode 5.5: main.php

```

32
331 <div class="row up-0">
342     <div class="col-lg-12">
353         <select id="selectAlgo" class="form-control hidden"></select>
364     </div>
375 </div>
386 <div class="row up-1">
397     <div class="col-3">
408         <span for="algoselect" class="align-middle">Algorithm:</span>
419     </div>
420     <div class="col-9">

```

```
11      <select id="algoselect" class="form-control">
12          <option value="dijkstra">Dijkstra</option>
13          <option value="floydwarshall">Floyd-Warshall</option>
14          <option value="astar">A*</option>
15      </select>
16  </div>
17 </div>
```

9 Untuk keseluruhan kode program dari kelas main.php bisa dilihat pada lampiran [A.7](#).

10 **main.js**

11 main.js merupakan sebuah file skrip JavaScript yang menangani berbagai interaksi antara pengguna
12 dan aplikasi di sisi frontend, seperti mengambil input dari pengguna, menanggapi klik tombol,
13 serta menampilkan hasil pencarian atau rute yang diterima dari server. Perubahan yang dilakukan
14 pada kelas ini terdapat pada *function checkCoordinatesThenRoute* yang dimana ditambahkan
15 satu parameter baru yaitu parameter untuk memilih algoritma yang diambil dari antarmuka. Kode
16 program dari skrip main.js dapat dilihat pada lampiran [A.8](#)

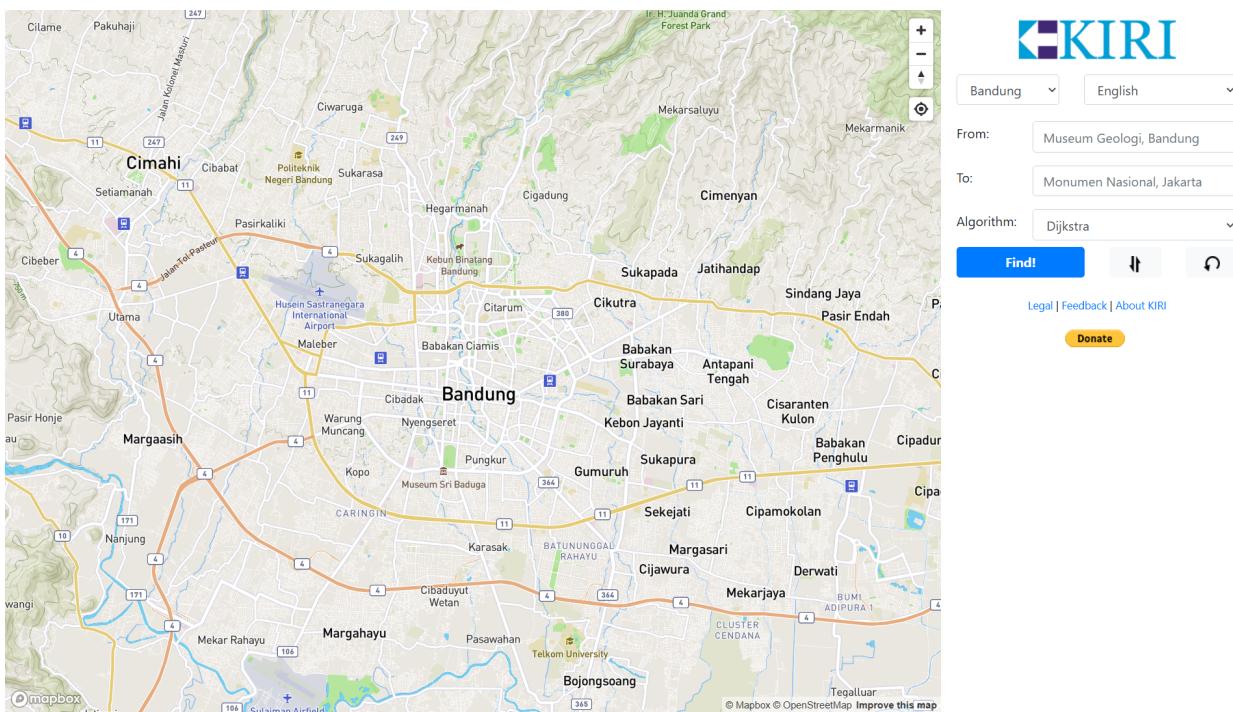
17 **protocol.js**

18 Kelas ini merupakan sebuah kelas JavaScript yang bertugas untuk mengirimkan permintaan data
19 dari sisi pengguna (*frontend*) ke server (*backend*) melalui metode AJAX. Kelas ini memfasilitasi
20 komunikasi antara antarmuka pengguna dengan API. Perubahan dilakukan pada saat mendefinisikan
21 fungsi bernama **findroute** yaitu menambahkan sebuah parameter baru yaitu parameter **algo**. Kode
22 program dari kelas ini dapat dilihat pada lampiran [A.9](#)

23 **Api.php**

24 Kelas ini adalah sebuah kelas di sisi server (*backend*), yang berperan penting dalam memproses dan
25 menangani setiap permintaan yang dikirimkan oleh pengguna melalui antarmuka aplikasi. Kelas ini
26 akan menerima parameter permintaan, mengeksekusi logika tertentu berdasarkan jenis permintaan
27 tersebut, dan mengembalikan hasil dalam bentuk data JSON. Perubahan yang dilakukan yaitu
28 penambahan parameter baru pada *function _findroute* dengan menambahkan parameter **algo**.
29 Kode program dari kelas ini dapat dilihat pada lampiran [A.10](#)

1 5.1.4 Implementasi Antarmuka



Gambar 5.1: Hasil Implementasi Antarmuka

- 2 Hasil implementasi perubahan antarmuka dari perangkat lunak KIRI dapat dilihat pada Gambar
- 3 5.1. Pengguna dapat memilih salah satu dari tiga algoritma *shortest path* yang ada, yaitu Dijkstra,
- 4 A-Star, dan Floyd-Warshall pada dropdown "Algorithm". Sistem akan melakukan pencarian jalur
- 5 terpendek menggunakan algoritma yang dipilih pengguna.

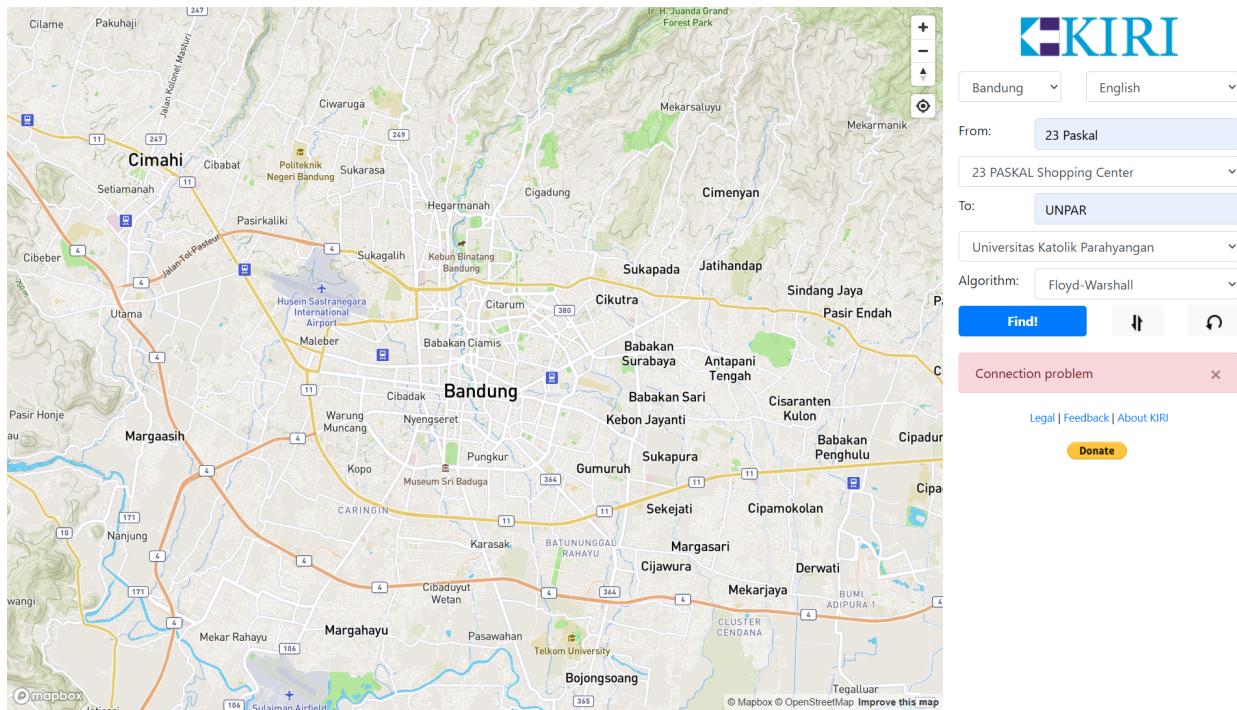
6 5.2 Pengujian Fungsional dan Eksperimental

- 7 Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai hasil pengujian dari perangkat lunak KIRI. Pengujian
- 8 akan dibagi menjadi dua, yaitu pengujian fungsional dan pengujian eksperimental.

9 5.2.1 Pengujian Fungsional

- 10 Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk memastikan setiap fungsi pada perangkat lunak KIRI
- 11 dapat bekerja dengan baik. Pengujian ini dilakukan pada fitur dari perangkat lunak KIRI, dimulai
- 12 dari, memasukan titik awal dan titik tujuan, dan memilih algoritma yang akan digunakan untuk
- 13 melakukan pencarian yang merupakan sebuah fitur yang baru diimplementasikan.
- 14 Sebelum dilakukan pengujian tersebut, akan dilakukan terlebih dahulu pengujian untuk algoritma
- 15 FloydWarshall saja. Pengujian dilakukan bertujuan untuk mencari jumlah maksimal dari data
- 16 "tracks" yang dapat digunakan karena pada saat ini apabila seluruh data "tracks" digunakan maka
- 17 akan terjadi "java.lang.OutOfMemoryError" yang disebabkan jumlah data "tracks" yang berisikan
- 18 jalur-jalur transportasi umum dalam bentuk graf terlalu banyak. Jumlah record yang terdapat pada
- 19 data "tracks" adalah 140 dan pada saat pengujian akan dikurangi 10 record setiap kali pengujinya

- 1 hingga algoritma Floyd-Warshall dapat berjalan dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Paskal 23 sebagai titik awal dan UNPAR sebagai titik tujuan.



Gambar 5.2: Kondisi Saat Algoritma Floyd-Warshall Tidak Berhasil Dijalankan

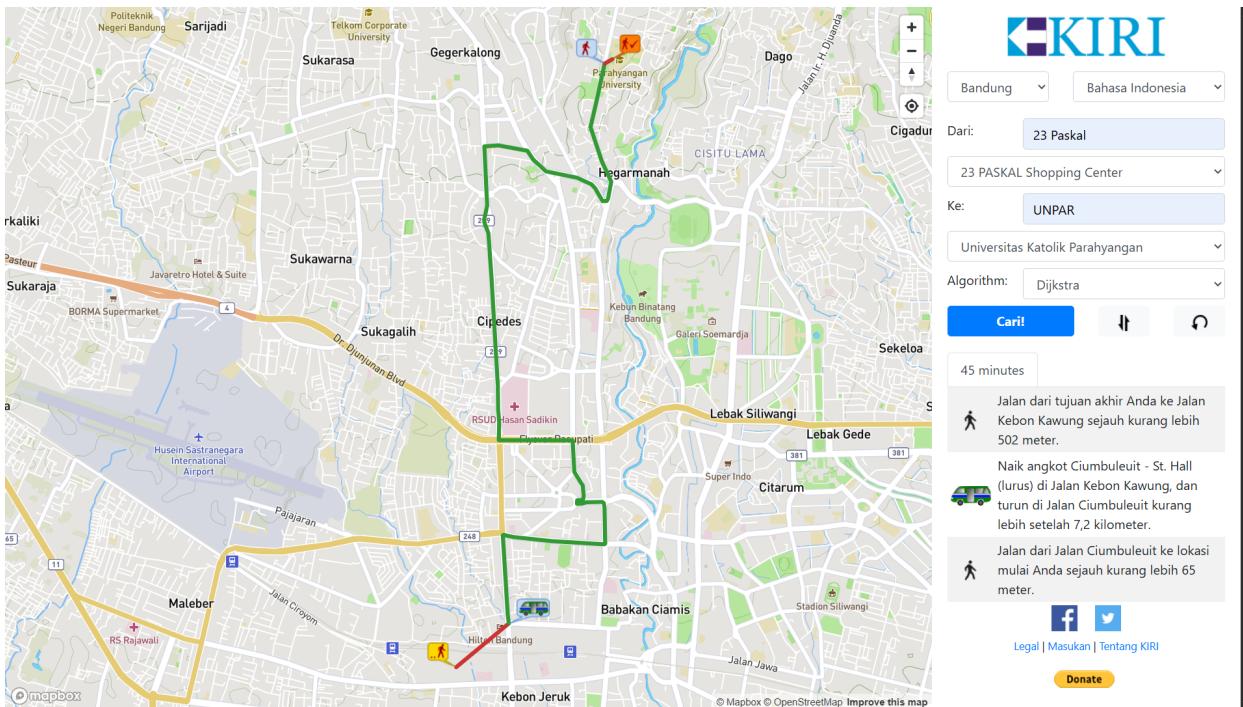
```
java.lang.OutOfMemoryError: Java heap space
    at travel.kiri.backend.algorithm.FloydWarshall.<init>(Unknown Source)
    at travel.kiri.backend.Worker.findRoute(Unknown Source)
    at travel.kiri.backend.ServiceListener.handle(Unknown Source)
    at travel.kiri.backend.NewMenjanganServer$1.handle(Unknown Source)
    at org.eclipse.jetty.server.handler.HandlerWrapper.handle(HandlerWrapper.java:132)
    at org.eclipse.jetty.server.Server.handle(Server.java:531)
    at org.eclipse.jetty.server.HttpChannel.handle(HttpChannel.java:352)
    at org.eclipse.jetty.server.HttpConnection.onFillable(HttpConnection.java:260)
    at org.eclipse.jetty.io.AbstractConnection$ReadCallback.succeeded(AbstractConnection.java:281)
    at org.eclipse.jetty.io.FillInterest.fillable(FillInterest.java:102)
    at org.eclipse.jetty.io.ChannelEndPoint$2.run(ChannelEndPoint.java:118)
    at org.eclipse.jetty.util.thread.QueuedThreadPool.runJob(QueuedThreadPool.java:762)
    at org.eclipse.jetty.util.thread.QueuedThreadPool$2.run(QueuedThreadPool.java:680)
    at java.base/java.lang.Thread.run(Thread.java:1589)
```

Gambar 5.3: Error Yang Menyebabkan Algoritma Floyd-Warshall Tidak Berhasil Dijalankan

- 3 Setelah dilakukan beberapa pengujian, jumlah data "tracks" yang dapat digunakan adalah lima record saja. Karena ketika jumlah data lebih dari lima record, pencarian jalur terpendek menggunakan algoritma Floyd-Warshall tidak berhasil dilakukan (lihat Gambar 5.2) yang disebabkan program mencoba menggunakan lebih banyak memori dari yang tersedia di heap JVM (lihat Gambar 5.3). Oleh karena itu, pada pengujian-pengujian yang akan dilakukan, jumlah data "tracks" yang akan digunakan adalah lima record.

1 Pengujian 1: Algoritma Dijkstra

- 2 Hasil yang diharapkan dari pengujian menggunakan algoritma dijkstra ini adalah perangkat lunak
 3 KIRI dapat berjalan dengan tidak adanya error serta dapat ditemukannya jalur yang optimal. Pada
 4 pengujian ini menggunakan data sebagai berikut:
- 5 • Titik awal: "23 Paskal"
 - 6 • Titik akhir: "UNPAR"
 - 7 • Algoritma: "Dijkstra"

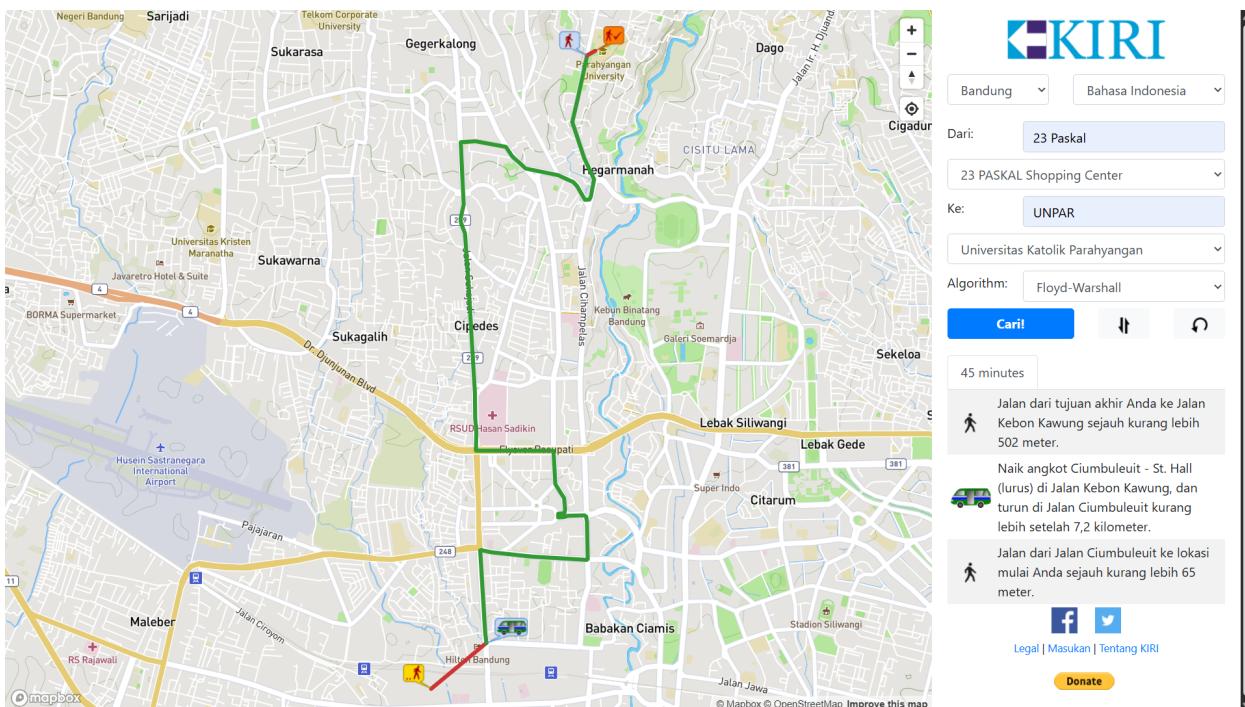


Gambar 5.4: Hasil Pengujian Algoritma Dijkstra

- 8 Setelah semua data yang perlukan diisi dan dilakukan pencarian, perangkat lunak KIRI berjalan
 9 dengan baik ketika melakukan pencarian menggunakan algoritma Dijkstra, serta dapat menemukan
 10 jalur yang optimal dari Paskal 23 menuju UNPAR (lihat Gambar 5.4).

11 Pengujian 2: Algoritma Floyd-Warshall

- 12 Hasil yang diharapkan dari pengujian menggunakan algoritma Floyd-Warshall ini adalah perangkat
 13 lunak KIRI dapat berjalan dengan tidak adanya error serta dapat ditemukannya jalur yang optimal.
 14 Pada pengujian ini menggunakan data sebagai berikut:
- 15 • Titik awal: "23 Paskal"
 - 16 • Titik akhir: "UNPAR"
 - 17 • Algoritma: "Dijkstra"

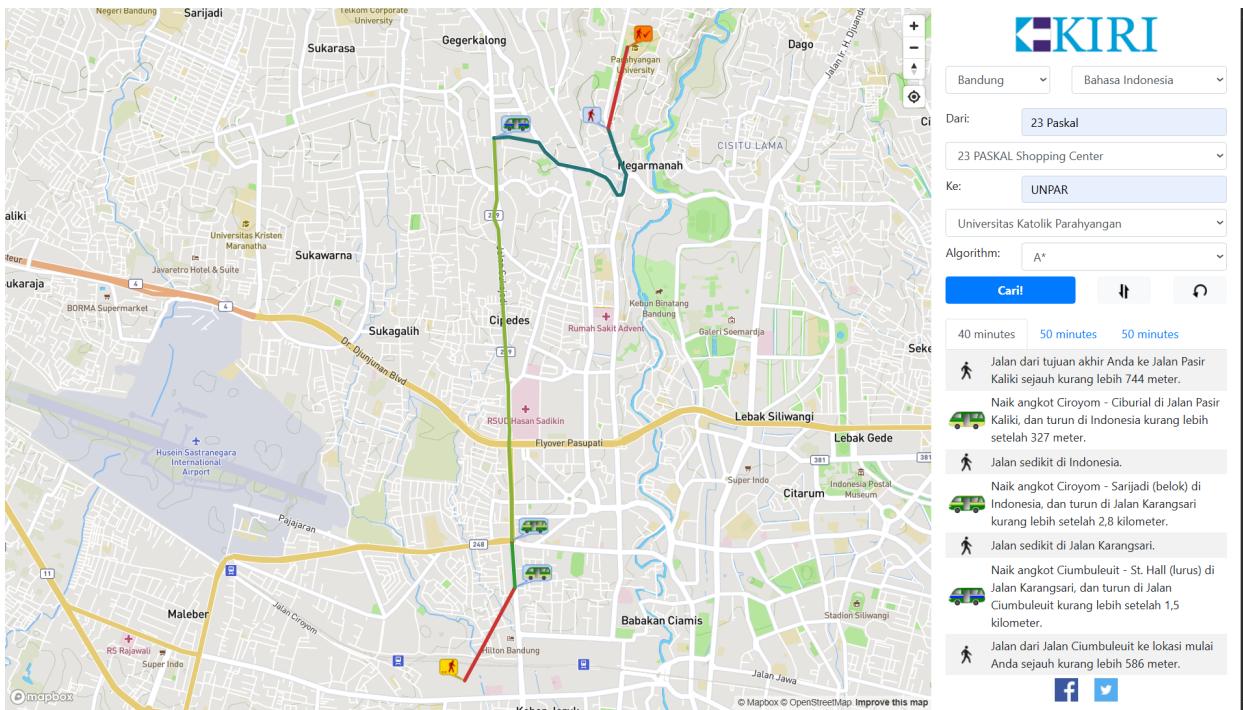


Gambar 5.5: Hasil Pengujian Algoritma Floyd-Warshall

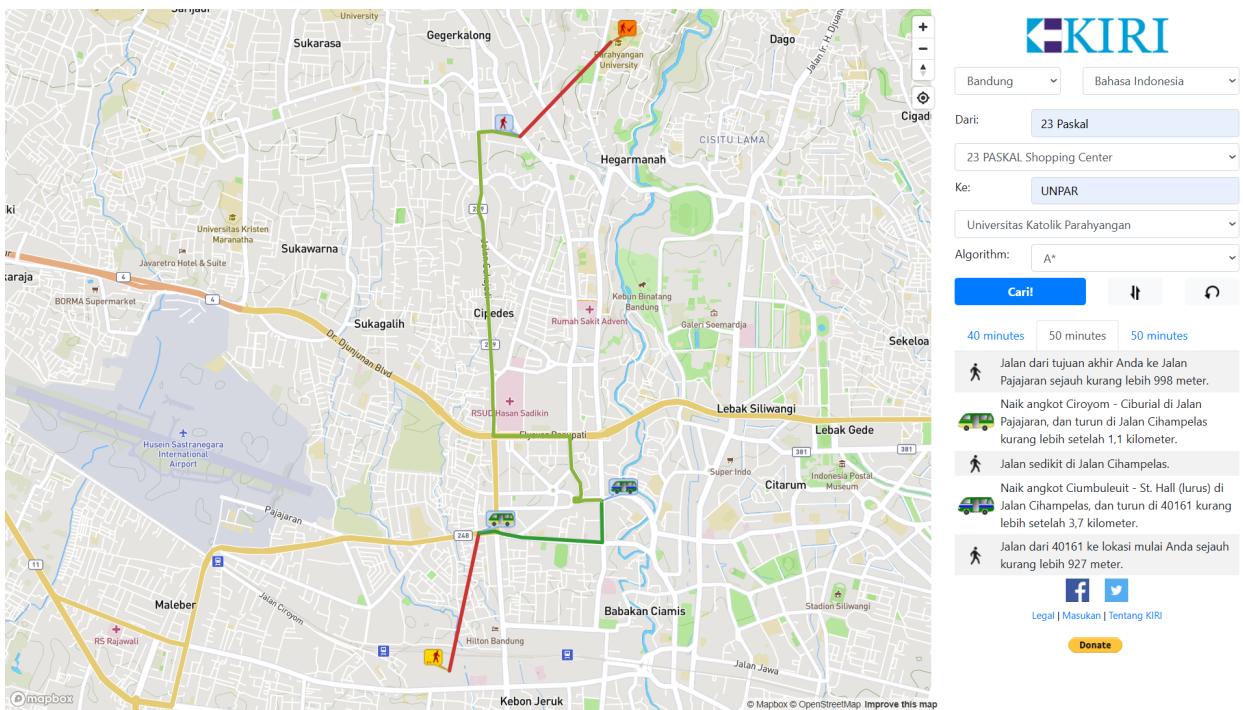
- 1 Setelah semua data yang perlukan diisi dan dilakukan pencarian, perangkat lunak KIRI berjalan dengan baik ketika melakukan pencarian menggunakan algoritma Floyd-Warshall, serta dapat menemukan jalur yang optimal dari Paskal 23 menuju UNPAR (lihat Gambar 5.5).

4 Pengujian 3: Algoritma A-Star

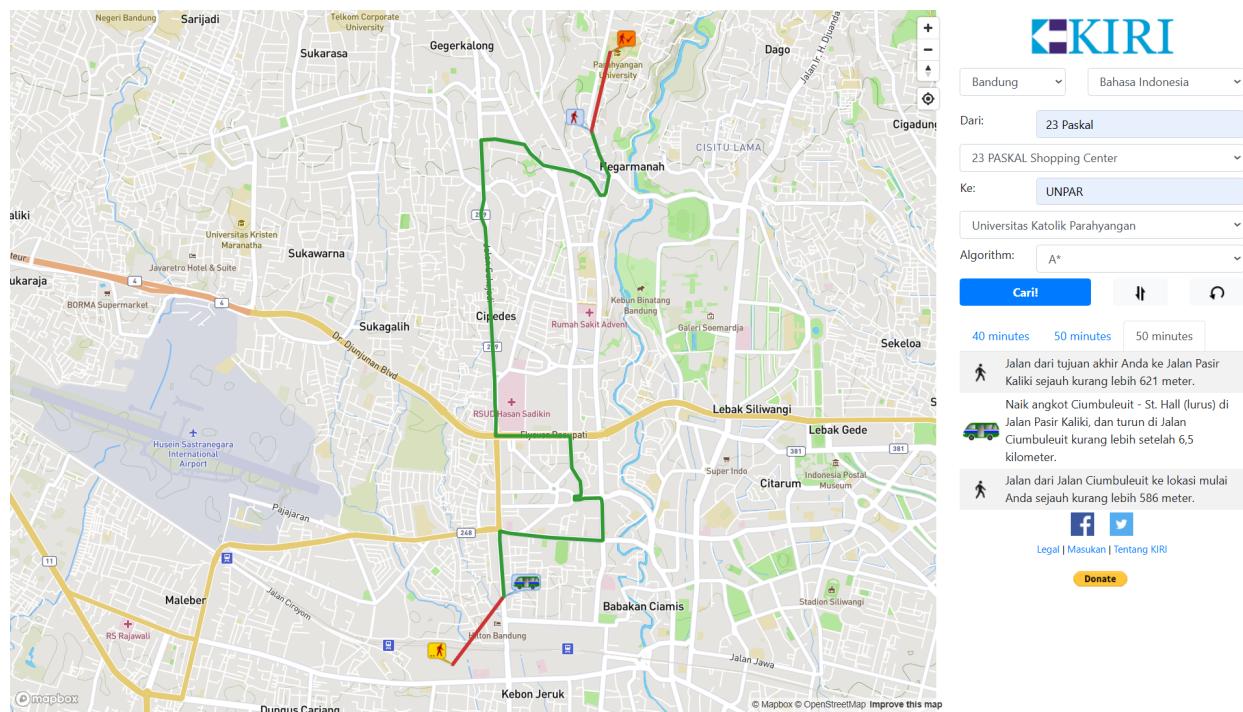
- 5 Hasil yang diharapkan dari pengujian menggunakan algoritma A-Star ini adalah perangkat lunak KIRI dapat berjalan dengan tidak adanya error serta dapat ditemukannya jalur yang optimal. Pada pengujian ini menggunakan data sebagai berikut:
 - 8 • Titik awal: "23 Paskal"
 - 9 • Titik akhir: "UNPAR"
 - 10 • Algoritma: "Dijkstra"



Gambar 5.6: Hasil Pengujian Algoritma A-Star Jalur 1



Gambar 5.7: Hasil Pengujian Algoritma A-Star Jalur 2



Gambar 5.8: Hasil Pengujian Algoritma A-Star Jalur 3

- 1 Setelah semua data yang perlukan diisi dan dilakukan pencarian, perangkat lunak KIRI berjalan
- 2 dengan baik ketika melakukan pencarian menggunakan algoritma A-Star, serta dapat menemukan
- 3 jalur yang optimal dari Paskal 23 menuju UNPAR bukan hanya satu dari saja tetapi tiga jalur yang
- 4 berbeda (lihat Gambar 5.6, 5.7, dan 5.8).

5.2.2 Pengujian Eksperimental

- 6 Pengujian akan dilakukan untuk mengukur waktu eksekusi untuk setiap algoritma yang sudah
- 7 diimplementasikan dalam melakukan pencarian atau perhitungan jalur terpendek dari titik awal
- 8 hingga titik tujuan. Pengujian akan dilakukan kasus yang sama dengan kasus pada pengujian
- 9 fungsional 5.2.1. Selama pengujian, jumlah data "tracks" yang digunakan sebanyak lima record
- 10 berdasarkan pengujian yang berkaitan dengan algoritma Floyd-Warshall pada pengujian fungsional
- 11 5.2.1. Selain itu, untuk setiap algoritmanya akan diuji sebanyak tiga kali.

Tabel 5.1: Hasil Pengujian Eksperimental

Algoritma	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
Dijkstra	8.12 ms	17.39 ms	3.86 ms
A-Starl	5.48 ms	4.24 ms	4.75 ms
Floyd-Warshall	15.91 s	9.80 s	11.20 s

- 12 Berdasarkan hasil pengujian yang bisa dilihat di tabel 5.1, algoritma Dijkstra dan algoritma A-Star
- 13 memiliki lama waktu eksekusi yang relatif sama. Akan tetapi, algoritma Floyd-Warshall memiliki
- 14 waktu eksekusi yang cukup besar dibanding kedua algoritma lainnya, hal tersebut disebabkan

- 1 memanfaatkan matriks dalam melakukan perhitungannya dan juga dalam hal kompleksitas waktu
- 2 pun algoritma Floyd-Warshall jauh lebih besar dibanding algoritma lainnya.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Nugroho, P. A. dan Natali, V. (2017) Open sourcing proprietary application case study: Kiri website. *IJNMT (International Journal of New Media Technology)*, 4, 82–86.
- [2] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., dan Vlissides, J. (1994) *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley, Reading, MA.
- [3] Version 8.4 (2024) *MySQL 8.4 Reference Manual - Including MySQL NDB Cluster 8.4*. Oracle Corporation. Austin, USA.
- [4] Diestel, R. (2017) *Graph Theory*, 5th edition. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [5] Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., dan Stein, C. (2009) *Introduction to Algorithms*, 3rd edition. The MIT Press, Cambridge, MA.
- [6] Russell, S. dan Norvig, P. (2009) *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3rd edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- [7] Pressman, R. S. dan Maxim, B. R. (2019) *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, ninth edition. McGraw-Hill Education, New York, NY, USA.

LAMPIRAN A

KODE PROGRAM

Kode A.1: Dijkstra.java

```
1 package travel.kiri.backend.algorithm;
2
3 import java.util.*;
4
5 /**
6  * Merepresentasikan sebuah penghitung jarak terdekat dengan Dijkstra.
7  * Referensi dari dijsktra.cc
8  *
9  * @author PascalAlfadian
10 *
11 */
12 public class Dijkstra extends ShorestPathStrategy {
13
14     NodeInfo[] nodeInfoLinks;
15     NodeInfo[] nodesMinHeap;
16     int heapsize;
17     int numOfNodes;
18     int memorySize;
19
20     /**
21      * Class constructor. All allocations should go here.
22      *
23      * @param graph      the list of nodes, specifying the graph
24      * @param startNode  reference to the starting node
25      * @param finishNode reference to the finish node
26      */
27     public Dijkstra(Graph graph, int startNode, int finishNode, double multiplierWalking, double penaltyTransfer) {
28         super(graph, startNode, finishNode, multiplierWalking, penaltyTransfer);
29         this.numOfNodes = graph.size();
30         this.nodesMinHeap = new NodeInfo[numOfNodes];
31         this.nodeInfoLinks = new NodeInfo[numOfNodes];
32
33         for (int i = 0; i < numOfNodes; i++) {
34             nodeInfoLinks[i] = new NodeInfo();
35         }
36     }
37
38     /**
39      * Run the Dijkstra algorithm, based on the input. After the function
40      * is run, {@link Dijkstra#getDistance(GraphNode)} will retrieve distance of
41      * each node from start
42      * node and {@link Dijkstra#getParent(GraphNode)} will retrieve the parent of
43      * each node.
44      * Complexity:  $O(|E| + |V| \log |V|)$ 
45      *
46      * @param trackTypeIdBlacklist Set of track type ids blacklisted on navigation,
47      * or null to allow everything
48      * @return the distance from source, or {@link Double#POSITIVE_INFINITY} if no
49      * path was found.
50      */
51     @Override
52     public double runAlgorithm(Set<String> trackTypeIdBlacklist) {
53
54         heapsize = 0;
55         for (int i = 0; i < numOfNodes; i++) {
56             NodeInfo ni = nodeInfoLinks[i];
57             ni.baseIndex = i;
58             ni.heapIndex = i;
59             ni.distance = Double.POSITIVE_INFINITY;
60             ni.parent = NULL_NODE;
61             nodesMinHeap[heapsize++] = ni;
62         }
63         nodeInfoLinks[startNode].distance = 0;
64         // heapify!
65
66         for (int i = heapsize / 2 - 1; i >= 0; i--) {
67             heapPercolateDown(i);
68         }
69
70         NodeInfo currentNode;
71
72         do {
73             currentNode = heapDeleteMin();
74             if (currentNode == null || currentNode.baseIndex == finishNode) {
75                 break;
```

```

76    }
77
78    UnrolledLinkedList<GraphEdge> edges = graph.get(currentNode.baseIndex).edges;
79
80    for (GraphEdge edge : edges) {
81        double weight = calculateWeight(currentNode, edge);
82        if (currentNode.distance + weight < nodeInfoLinks[edge.node].distance
83            && (trackTypeIdBlacklist == null || graph.get(edge.node).track == null
84                || !trackTypeIdBlacklist.contains(graph.get(edge.node).track.trackTypeId))) {
85            nodeInfoLinks[edge.node].distance = currentNode.distance + weight;
86            nodeInfoLinks[edge.node].parent = currentNode.baseIndex;
87            heapPercolateUp(nodeInfoLinks[edge.node].heapIndex);
88        }
89    }
90
91    } while (currentNode.distance != Double.POSITIVE_INFINITY);
92
93    return nodeInfoLinks[finishNode].distance;
94}
95
96 /**
97 * Retrieves the parent of a particular node.
98 *
99 * @param node the node to check.
100 * @return the parent of requested node, or null if it has no parent.
101 */
102 @Override
103 public int getParent(int node) {
104     return nodeInfoLinks[node].parent;
105 }
106
107 /**
108 * Retrieves the distance of a particular node.
109 *
110 * @param node the node to check.
111 * @return the distance of this node from the starting node.
112 */
113 @Override
114 public double getDistance(int node) {
115     return nodeInfoLinks[node].distance;
116 }
117
118 public double calculateWeight(NodeInfo currentNode, GraphEdge edge) {
119     Track track1 = graph.get(currentNode.baseIndex).getTrack();
120     Track track2 = graph.get(nodeInfoLinks[edge.node].baseIndex).getTrack();
121
122     // WALK from start / to finish
123     if (track1 == null || track2 == null) {
124         return multiplierWalking * edge.weight;
125     }
126     // PINDAH ANGKOT
127     else if (track1 != track2) {
128         return multiplierWalking * (penaltyTransfer + edge.weight);
129     }
130     // MASIH DI ANGKOT
131     else if (track1.getTrackId().equals(track2.getTrackId())) {
132         return edge.weight * track1.penalty;
133     }
134
135     return Double.POSITIVE_INFINITY;
136 }
137
138 void heapPercolateDown(int index) {
139     int minIndex;
140     boolean ok = true;
141
142     while (ok) {
143         minIndex = index;
144         // kalau ada anak kiri DAN kalau distance anak kiri lebih kecil
145         if ((index * 2 + 1 < heapsize) && nodesMinHeap[index * 2 + 1].distance < nodesMinHeap[minIndex].distance) {
146             minIndex = index * 2 + 1;
147         }
148
149         // kalau ada anak kanan DAN kalau distance anak kanan lebih kecil
150         if ((index * 2 + 2 < heapsize) && nodesMinHeap[index * 2 + 2].distance < nodesMinHeap[minIndex].distance) {
151             minIndex = index * 2 + 2;
152         }
153
154         // kalau memang bukan yang paling kecil maka swap
155         if (ok = (minIndex != index)) {
156             // swap!
157             NodeInfo temp = nodesMinHeap[index];
158             nodesMinHeap[index] = nodesMinHeap[minIndex];
159             nodesMinHeap[minIndex] = temp;
160
161             // swap the heap index
162             int tmp = nodesMinHeap[index].heapIndex;
163             nodesMinHeap[index].heapIndex = nodesMinHeap[minIndex].heapIndex;
164             nodesMinHeap[minIndex].heapIndex = tmp;
165
166             index = minIndex;
167         }
168     }
169 }
170
171 void heapPercolateUp(int index) {
172     // selama belum yang paling atas DAN yang di atasnya lebih besar
173     while ((index - 1) / 2 >= 0 && nodesMinHeap[(index - 1) / 2].distance > nodesMinHeap[index].distance) {
174

```

```

175        // swap!
176        NodeInfo temp = nodesMinHeap[index];
177        nodesMinHeap[index] = nodesMinHeap[(index - 1) / 2];
178        nodesMinHeap[(index - 1) / 2] = temp;
179
180        // swap the heap index
181        int tmp = nodesMinHeap[index].heapIndex;
182        nodesMinHeap[index].heapIndex = nodesMinHeap[(index - 1) / 2].heapIndex;
183        nodesMinHeap[(index - 1) / 2].heapIndex = tmp;
184
185        index = (index - 1) / 2;
186    }
187}
188
189NodeInfo heapDeleteMin() {
190    if (heapsize == 0) {
191        return null;
192    }
193
194    NodeInfo ret = nodesMinHeap[0];
195
196    nodesMinHeap[0] = nodesMinHeap[heapsize - 1];
197    heapsize--;
198    heapPercolateDown(0);
199
200    return ret;
201}
202
203String getString(int node) {
204    return nodeInfoLinks[node].toString();
205}
206
207private static class NodeInfo {
208    int baseIndex;
209    int heapIndex;
210    double distance;
211    int parent;
212
213    public NodeInfo() {
214    }
215
216    public String toString() {
217        String t = "";
218
219        t += "point=" + baseIndex + " distance=" + distance + " parent=" + parent;
220
221        return t;
222    }
223}
224}
225}
226}

```

Kode A.2: AStar.java

```

1 package travel.kiri.backend.algorithm;
2
3 import java.util.*;
4
5 public class AStar extends ShorestPathStrategy {
6
7     private NodeInfo[] nodeInfoLinks;
8     private PriorityQueue<NodeInfo> openSet;
9
10    public AStar(Graph graph, int startNode, int finishNode, double multiplierWalking, double penaltyTransfer) {
11        super(graph, startNode, finishNode, multiplierWalking, penaltyTransfer);
12        int numNodes = graph.size();
13        this.nodeInfoLinks = new NodeInfo[numNodes];
14        this.openSet = new PriorityQueue<>();
15
16        for (int i = 0; i < numNodes; i++) {
17            nodeInfoLinks[i] = new NodeInfo(i);
18        }
19    }
20
21    @Override
22    public double runAlgorithm(Set<String> trackTypeIdBlacklist) {
23        nodeInfoLinks[startNode].g = 0;
24        nodeInfoLinks[startNode].f = heuristic(startNode);
25        openSet.add(nodeInfoLinks[startNode]);
26
27        while (!openSet.isEmpty()) {
28            NodeInfo current = openSet.poll();
29
30            if (current.index == finishNode) {
31                return nodeInfoLinks[finishNode].g;
32            }
33
34            for (GraphEdge edge : graph.get(current.index).getEdges()) {
35                int neighbor = edge.node;
36                if (trackTypeIdBlacklist != null
37                    && trackTypeIdBlacklist.contains(graph.get(neighbor).getTrack().trackTypeId)) {
38                    continue;
39                }
40
41                double newCost = current.g + calculateWeight(current, edge);
42
43                if (newCost < nodeInfoLinks[neighbor].g) {

```

```

44         nodeInfoLinks[neighbor].g = newCost;
45         nodeInfoLinks[neighbor].f = newCost + heuristic(neighbor);
46         nodeInfoLinks[neighbor].parent = current.index;
47         openSet.add(nodeInfoLinks[neighbor]);
48     }
49 }
50
51 return Double.POSITIVE_INFINITY;
52 }
53
54 @Override
55 public int getParent(int node) {
56     return nodeInfoLinks[node].parent;
57 }
58
59 @Override
60 public double getDistance(int node) {
61     return nodeInfoLinks[node].g;
62 }
63
64
65 private double heuristic(int node) {
66     LatLon currentPos = graph.get(node).getLocation();
67     LatLon goalPos = graph.get(finishNode).getLocation();
68     return currentPos.distanceTo(goalPos);
69 }
70
71 private double calculateWeight(NodeInfo currentNode, GraphEdge edge) {
72     Track track1 = graph.get(currentNode.index).getTrack();
73     Track track2 = graph.get(edge.node).getTrack();
74
75     if (track1 == null || track2 == null) {
76         return multiplierWalking * edge.weight;
77     } else if (track1 != track2) {
78         return multiplierWalking * (penaltyTransfer + edge.weight);
79     } else {
80         return edge.weight * track1.penalty;
81     }
82 }
83
84 private static class NodeInfo implements Comparable<NodeInfo> {
85     int index;
86     double g = Double.POSITIVE_INFINITY;
87     double f = Double.POSITIVE_INFINITY;
88     int parent = NULL_NODE;
89
90     NodeInfo(int index) {
91         this.index = index;
92     }
93
94     @Override
95     public int compareTo(NodeInfo other) {
96         return Double.compare(this.f, other.f);
97     }
98 }
99

```

Kode A.3: FloydWarshall.java

```

1 package travel.kiri.backend.algorithm;
2
3 import java.util.*;
4
5 public class FloydWarshall extends ShortestPathStrategy {
6
7     private final int numNodes;
8     private double[][] dist;
9     private int[][] parent;
10
11     public FloydWarshall(Graph graph, int startNode, int finishNode, double multiplierWalking, double penaltyTransfer) {
12         super(graph, startNode, finishNode, multiplierWalking, penaltyTransfer);
13         this.numNodes = graph.size();
14         System.out.println(numNodes);
15         dist = new double[numNodes][numNodes];
16         parent = new int[numNodes][numNodes];
17     }
18
19     @Override
20     public double runAlgorithm(Set<String> trackTypeIdBlacklist) {
21         for (int i = 0; i < numNodes; i++) {
22             for (int j = 0; j < numNodes; j++) {
23                 if (i == j) {
24                     dist[i][j] = 0;
25                     parent[i][j] = -1;
26                 } else {
27                     dist[i][j] = Double.POSITIVE_INFINITY;
28                     parent[i][j] = -1;
29                 }
30             }
31
32             for (GraphEdge edge : graph.get(i).edges) {
33                 if (trackTypeIdBlacklist == null || graph.get(edge.node).track == null
34                     || !trackTypeIdBlacklist.contains(graph.get(edge.node).track.trackTypeId)) {
35
36                     double weight = calculateWeight(i, edge);
37                     dist[i][edge.node] = weight;
38                     parent[i][edge.node] = i;
39                 }
40             }
41         }
42     }
43
44     private void calculateDistances() {
45         for (int i = 0; i < numNodes; i++) {
46             for (int j = 0; j < numNodes; j++) {
47                 if (dist[i][j] == Double.POSITIVE_INFINITY) {
48                     dist[i][j] = calculateWeight(i, j);
49                 }
50             }
51         }
52     }
53
54     private double calculateWeight(int i, int j) {
55         double minWeight = Double.POSITIVE_INFINITY;
56         for (GraphEdge edge : graph.get(i).edges) {
57             if (graph.get(edge.node).track != null
58                 && !trackTypeIdBlacklist.contains(graph.get(edge.node).track.trackTypeId)) {
59
60                 double weight = calculateWeight(i, edge);
61                 if (weight < minWeight) {
62                     minWeight = weight;
63                 }
64             }
65         }
66         return minWeight;
67     }
68
69     private void printDistances() {
70         for (int i = 0; i < numNodes; i++) {
71             for (int j = 0; j < numNodes; j++) {
72                 System.out.print(dist[i][j] + " ");
73             }
74             System.out.println();
75         }
76     }
77
78     private void printParents() {
79         for (int i = 0; i < numNodes; i++) {
80             for (int j = 0; j < numNodes; j++) {
81                 System.out.print(parent[i][j] + " ");
82             }
83             System.out.println();
84         }
85     }
86
87     private void printGraph() {
88         for (int i = 0; i < numNodes; i++) {
89             for (int j = 0; j < numNodes; j++) {
90                 if (dist[i][j] == Double.POSITIVE_INFINITY) {
91                     System.out.print("X");
92                 } else {
93                     System.out.print(dist[i][j]);
94                 }
95             }
96             System.out.println();
97         }
98     }
99 }

```

```

40        }
41    }
42
43    for (int k = 0; k < numNodes; k++) {
44        for (int i = 0; i < numNodes; i++) {
45            for (int j = 0; j < numNodes; j++) {
46                if (dist[i][k] + dist[k][j] < dist[i][j]) {
47                    dist[i][j] = dist[i][k] + dist[k][j];
48                    parent[i][j] = parent[k][j];
49                }
50            }
51        }
52    }
53
54    return dist[startNode][finishNode];
55}
56
57 private double calculateWeight(int fromIndex, GraphEdge edge) {
58     Track trackFrom = graph.get(fromIndex).getTrack();
59     Track trackTo = graph.get(edge.node).getTrack();
60
61     if (trackFrom == null || trackTo == null) {
62         return multiplierWalking * edge.weight;
63     } else if (!trackFrom.getTrackId().equals(trackTo.getTrackId())) {
64         return multiplierWalking * (penaltyTransfer + edge.weight);
65     } else {
66         return edge.weight * trackFrom.penalty;
67     }
68 }
69
70 @Override
71 public int getParent(int node) {
72     return parent[startNode][node];
73 }
74
75 @Override
76 public double getDistance(int node) {
77     return dist[startNode][node];
78 }
79 }

```

Kode A.4: ShorestPathStrategy.java

```

1 package travel.kiri.backend.algorithm;
2
3 import java.util.*;
4
5 public abstract class ShorestPathStrategy {
6
7     protected List<GraphNode> graph;
8     protected int startNode;
9     protected int finishNode;
10    protected double multiplierWalking;
11    protected double penaltyTransfer;
12    public static final int NULL_NODE = -1;
13
14    public ShorestPathStrategy(List<GraphNode> graph, int startNode, int finishNode, double multiplierWalking,
15                               double penaltyTransfer) {
16        this.graph = graph;
17        this.startNode = startNode;
18        this.finishNode = finishNode;
19        this.multiplierWalking = multiplierWalking;
20        this.penaltyTransfer = penaltyTransfer;
21    }
22
23    public abstract double runAlgorithm(Set<String> trackTypeIdBlacklist);
24
25    public abstract int getParent(int node);
26
27    public abstract double getDistance(int node);
28 }

```

Kode A.5: Worker.java

```

1 package travel.kiri.backend;
2
3 import java.io.File;
4 import java.io.FileInputStream;
5 import java.io.FileNotFoundException;
6 import java.io.IOException;
7 import java.util.ArrayList;
8 import java.util.List;
9 import java.util.Locale;
10 import java.util.Properties;
11 import java.util.Scanner;
12 import java.util.Set;
13
14 import travel.kiri.backend.algorithm.ShorestPathStrategy;
15 import travel.kiri.backend.algorithm.Astar;
16 import travel.kiri.backend.algorithm.Dijkstra;
17 import travel.kiri.backend.algorithm.Floydwarshall;
18 import travel.kiri.backend.algorithm.Graph;
19 import travel.kiri.backend.algorithm.GraphNode;
20 import travel.kiri.backend.algorithm.LatLon;
21 import travel.kiri.backend.algorithm.Track;

```

```

22| import edu.wlu.cs.levy.CG.KDTree;
23| import edu.wlu.cs.levy.CG.KeyDuplicateException;
24| import edu.wlu.cs.levy.CG.KeySizeException;
25|
26| /**
27| * The class responsible for processing routing requests.
28| *
29| * @author PascalAlfadian
30| *
31| */
32| public class Worker {
33|
34|     public Double globalMaximumWalkingDistance;
35|     public Double global_maximum_transfer_distance;
36|     public Double globalMultiplierWalking;
37|     public Double globalPenaltyTransfer;
38|
39|     public int numberOfRequests;
40|     // in millis, needs to be converted to seconds later
41|     public long totalProcessTime;
42|
43|     List<Track> tracks;
44|     Graph nodes;
45|
46|     public Worker(String homeDirectory) throws FileNotFoundException, IOException {
47|         tracks = new ArrayList<Track>();
48|         nodes = new Graph();
49|         readConfiguration(homeDirectory + "/" + Main.MJNSERVE_PROPERTIES);
50|         Main.globalLogger.info("Configuration_were_read_successfully");
51|         readGraph(homeDirectory + "/" + Main.TRACKS_CONF);
52|         Main.globalLogger.info("Tracks_were_read_successfully");
53|         linkAngkots();
54|         cleanUpMemory();
55|         Main.globalLogger.info("Tracks_were_linked_successfully");
56|     }
57|
58| /**
59| * Cleans up memory used during precomputation.
60| */
61| private void cleanUpMemory() {
62|     for (GraphNode node : nodes) {
63|         node.getEdges().cleanUpMemory();
64|     }
65|     System.gc();
66| }
67|
68| private void readConfiguration(String filename) throws FileNotFoundException, IOException {
69|     Properties properties = new Properties();
70|     properties.load(new FileInputStream(filename));
71|     globalMaximumWalkingDistance = Double.parseDouble(properties.getProperty("maximum_walking_distance"));
72|     global_maximum_transfer_distance = Double.parseDouble(properties.getProperty("maximum_transfer_distance"));
73|     globalMultiplierWalking = Double.parseDouble(properties.getProperty("multiplier_walking"));
74|     globalPenaltyTransfer = Double.parseDouble(properties.getProperty("penalty_transfer"));
75| }
76|
77| /**
78| * Show the summary of internal track information to the log file. Useful
79| * for debugging.
80| *
81| * @return
82| */
83| String printTracksInfo() {
84|     StringBuilder sb = new StringBuilder();
85|
86|     sb.append("Loaded_tracks_information\n");
87|     sb.append(tracks.size() + "_tracks.\n");
88|     sb.append(nodes.size() + "_nodes.\n");
89|     int transferNodes = 0;
90|     int edgesCount = 0;
91|     for (GraphNode node : nodes) {
92|         if (node.isTransferNode()) {
93|             transferNodes++;
94|         }
95|         edgesCount += node.getEdges().size();
96|     }
97|     sb.append(transferNodes + "_transfer_nodes.\n");
98|     sb.append(edgesCount + "_edges.\n");
99|
100|    sb.append("Maximum_walking_=_" + globalMaximumWalkingDistance + "\n");
101|    sb.append("Maximum_transfer_=_" + global_maximum_transfer_distance + "\n");
102|    sb.append("Walking_multiplier_=_" + globalMultiplierWalking + "\n");
103|    sb.append("Transfer_penalty_=_" + globalPenaltyTransfer + "\n");
104|    sb.append("Log_Level_=_" + Main.globalLogger.getLevel() + "\n");
105|
106|    return sb.toString();
107| }
108|
109| /**
110| * Compute the shortest path between the start point and the end point.
111| *
112| * @param start
113| *          the start location to route
114| * @param finish
115| *          the finish location to route
116| * @param customMaximumWalkingDistance
117| *          the custom maximum walking distance, or
118| *          null to use default
119| * @param customMultiplierWalking
120| *          the custom walking multiplier, or null to

```

```

121     * @param customPenaltyTransfer      use default
122     *                                         the custom penalty transfer, or null to
123     *                                         use default
124     * @param trackTypeIdBlacklist       Set of disallowed track type ids, or null
125     *                                         to use all
126     * @return string containing the steps, as specified in Kalapa-Dago
127     *         protocol.
128     */
129
130    public String findRoute(LatLon start, LatLon finish,
131                           Double customMaximumWalkingDistance,
132                           Double customMultiplierWalking, Double customPenaltyTransfer,
133                           Set<String> trackTypeIdBlacklist, String algorithm) {
134
135        double startTime, endTime;
136
137        Main.globalLogger.fine("Worker started for " + start + " to " + finish);
138
139        // thread and stuff
140        startTime = System.nanoTime();
141
142        // setting the parameters
143        if (customMaximumWalkingDistance == null || customMaximumWalkingDistance == -1) {
144            customMaximumWalkingDistance = globalMaximumWalkingDistance;
145        }
146        if (customMultiplierWalking == null || customMultiplierWalking == -1) {
147            customMultiplierWalking = globalMultiplierWalking;
148        }
149        if (customPenaltyTransfer == null || customPenaltyTransfer == -1) {
150            customPenaltyTransfer = globalPenaltyTransfer;
151        }
152
153        // create virtual graph
154
155        int vNodesSize = nodes.size() + 2;
156        int startNode = nodes.size();
157        int endNode = nodes.size() + 1;
158
159        Graph vNodes = new Graph(vNodesSize);
160        GraphNode realNode;
161        for (int i = 0; i < nodes.size(); i++) {
162            realNode = nodes.get(i);
163            vNodes.add(new GraphNode(realNode.getLocation(), realNode.getTrack()));
164            vNodes.get(i).link(realNode);
165        }
166
167        // add start and finish node
168        vNodes.add(new GraphNode(start, null));
169        vNodes.add(new GraphNode(finish, null));
170
171        // Link startNode to other nodes by walking
172        for (int i = 0; i < nodes.size(); i++) {
173            double distance = start.distanceTo(nodes.get(i).getLocation());
174            if (distance <= customMaximumWalkingDistance && nodes.get(i).isTransferNode()) {
175                vNodes.get(startNode).push_back(i, (float) distance);
176            }
177        }
178
179        // Link endNode to other nodes by walking
180        for (int i = 0; i < nodes.size(); i++) {
181            double distance = finish.distanceTo(nodes.get(i).getLocation());
182            if (distance <= customMaximumWalkingDistance && nodes.get(i).isTransferNode()) {
183                vNodes.get(i).push_back(endNode, (float) distance);
184            }
185        }
186
187        {
188            double distance = start.distanceTo(finish);
189            if (distance <= customMaximumWalkingDistance) {
190                vNodes.get(startNode).push_back(endNode, (float) (customMultiplierWalking * distance));
191                vNodes.get(endNode).push_back(startNode, (float) (customMultiplierWalking * distance));
192            }
193        }
194
195        ShorestPathStrategy strategy;
196
197        if ("floydwarshall".equals(algorithm)) {
198            strategy = new FloydWarshall(vNodes, startNode, endNode, customMultiplierWalking, customPenaltyTransfer);
199        } else if ("astar".equals(algorithm)) {
200            strategy = new AStar(vNodes, startNode, endNode, customMultiplierWalking, customPenaltyTransfer);
201        } else {
202            strategy = new Dijkstra(vNodes, startNode, endNode, customMultiplierWalking, customPenaltyTransfer);
203        }
204
205        strategy.runAlgorithm(trackTypeIdBlacklist);
206
207        // traversing
208        int currentNode = endNode;
209
210        int lastNode, angkotLength = 0;
211        double distance = 0;
212        StringBuilder line = new StringBuilder();
213        List<String> steps = new ArrayList<String>();
214
215        while (strategy.getParent(currentNode) != strategy.NULL_NODE) {
216            lastNode = currentNode;
217            currentNode = strategy.getParent(currentNode);
218
219        }

```

```

220|
221|     if (lastNode == endNode || currentNode == startNode
222|         || !nodes.get(currentNode).getTrack().equals(nodes.get(lastNode).getTrack())) {
223|         if (angkotLength > 0) {
224|             Track t = nodes.get(lastNode).getTrack();
225|             line.insert(0, "/");
226|             line.insert(0, t.getTrackId());
227|             line.insert(0, "/");
228|             line.insert(0, t.getTrackTypeId());
229|
230|             line.append(String.format(Locale.US, "%.3f", distance));
231|             line.append("/");
232|             // places line.append(b)
233|             line.append("\n");
234|
235|             steps.add(line.toString());
236|
237|             distance = (strategy.getDistance(lastNode) - strategy.getDistance(currentNode))
238|                         / customMultiplierWalking;
239|             if (!(lastNode == endNode || currentNode == startNode)) {
240|                 distance -= customPenaltyTransfer;
241|             }
242|
243|             line = new StringBuilder("walk/walk/");
244|             if (currentNode == startNode) {
245|                 line.append("start_");
246|             } else {
247|                 LatLon location = nodes.get(currentNode).getLocation();
248|                 line.append(String.format(Locale.US, "%.5f,%.5f",
249|                                         location.lat, location.lon));
250|             }
251|
252|             if (lastNode == endNode) {
253|                 line.append("finish");
254|             } else {
255|                 LatLon location = nodes.get(lastNode).getLocation();
256|                 line.append(String.format(Locale.US, "%.5f,%.5f",
257|                                         location.lat, location.lon));
258|             }
259|
260|             line.append(String.format(Locale.US, "/%.3f/\n", distance));
261|
262|             steps.add(line.toString());
263|
264|             if (currentNode != startNode) {
265|                 LatLon location = nodes.get(currentNode).getLocation();
266|                 line = new StringBuilder(String.format(Locale.US,
267|                                         "%.5f,%.5f/", location.lat, location.lon));
268|                 distance = 0;
269|                 angkotLength = 1;
270|             }
271|         } else {
272|             // angkot!!
273|             distance += (strategy.getDistance(lastNode) - strategy.getDistance(currentNode))
274|                         / nodes.get(currentNode).getTrack().getPenalty();
275|
276|             LatLon location = nodes.get(currentNode).getLocation();
277|             line.insert(0, String.format(Locale.US, "%.5f,%.5f",
278|                                         location.lat, location.lon));
279|             angkotLength++;
280|         }
281|
282|         StringBuilder retval = new StringBuilder();
283|         if (steps.size() == 0) {
284|             retval.append("none\n");
285|         } else {
286|             for (int i = steps.size() - 1; i >= 0; i--) {
287|                 retval.append(steps.get(i));
288|             }
289|         }
290|
291|         endTime = System.nanoTime();
292|
293|         // logs
294|         double diff = (endTime - startTime) / 1000000.0;
295|         numberOfRequests++;
296|         totalProcessTime += diff;
297|
298|         Main.globalLogger.fine("Worker_ended,_elapsed:_ " + diff + "_milliseconds");
299|
300|         System.out.println("Running_Time_" + algorithm + "_=" + String.format("%.2f", diff) + "_ms");
301|
302|         return retval.toString();
303|
304|     }
305|
306| /**
307|  * Reset the statistic values.
308|  */
309| void resetStatistics() {
310|     numberOfRequests = 0;
311|     totalProcessTime = 0;
312| }
313|
314| /**
315|  * Return the number of requests since last reset.
316|  */
317| @return the number of requests
318| */

```

```

319     int getNumberOfRequests() {
320         return numberOfRequests;
321     }
322
323     /**
324      * Return the total processing time for all requests.
325      *
326      * @return the total process time.
327      */
328     double getTotalProcessTime() {
329         return totalProcessTime / 1000.0;
330     }
331
332     public boolean readGraph(String filename) {
333         try {
334             Scanner linescan = new Scanner(new File(filename));
335             Scanner scan;
336             String line, word;
337             while (linescan.hasNextLine()) {
338                 line = linescan.nextLine();
339                 // kalau ada karakter dan bukan comment
340                 if (line.length() > 0 && line.charAt(0) != '#') {
341                     scan = new Scanner(line);
342
343                     // trackid
344                     word = scan.next();
345                     Track track = new Track(word);
346
347                     // penalty
348                     word = scan.next();
349                     track.setPenalty(Double.parseDouble(word));
350
351                     // number of nodes
352                     int numNodes = scan.nextInt();
353
354                     // foreach nodes
355                     for (int i = 0; i < numNodes; i++) {
356                         int nodeIndex = nodes.size();
357                         // parse lat and lon
358                         float lat = Float.parseFloat(scan.next());
359                         float lon = Float.parseFloat(scan.next());
360                         GraphNode node = new GraphNode(new LatLon(lat, lon),
361                             track);
362                         track.addNode(node);
363                         nodes.add(node);
364
365                         // connect it with the previous node
366                         if (i > 0) {
367                             double distance = node.getLocation().distanceTo(
368                                 track.getNode(i - 1).getLocation());
369                             nodes.get(nodeIndex - 1).push_back(nodeIndex,
370                                 (float) distance);
371                         }
372                     }
373
374                     // loop
375                     int loop = scan.nextInt();
376
377                     // if loop
378                     if (loop > 0) {
379                         // connect last node to the first
380                        GraphNode first = track.getNode(0);
381                        GraphNode last = track.getNode(numNodes - 1);
382
383                         int firstIndex = nodes.size() - track.getSize();
384                         int lastIndex = nodes.size() - 1;
385
386                         double distance = first.getLocation().distanceTo(
387                             last.getLocation());
388                         // pushback edge
389                         nodes.get(lastIndex).push_back(firstIndex, (float) distance);
390                     }
391
392                     // transferNodes
393                     word = scan.next();
394                     String[] tnodes = word.split(",");
395                     // nodes
396                     int start, finish;
397                     for (int i = 0; i < tnodes.length; i++) {
398                         // if a-
399                         if (tnodes[i].indexOf("-") != -1) {
400                             String[] sf = tnodes[i].split("-");
401                             start = Integer.parseInt(sf[0]);
402                             finish = Integer.parseInt(sf[1]);
403                         } else {
404                             start = Integer.parseInt(tnodes[i]);
405                             finish = start;
406                         }
407
408                         for (int j = start; j <= finish; j++) {
409                             track.getNode(j).setTransferNode(true);
410                         }
411                     }
412
413                     tracks.add(track);
414
415                 }
416             }
417             linescan.close();

```

```

418     } catch (FileNotFoundException e) {
419         e.printStackTrace();
420         return false;
421     }
422     return true;
423 }
424
425 void linkAngkots() {
426     KDTree<GraphNodeContainer> kd = new KDTree<GraphNodeContainer>(2);
427     float minLat = Float.POSITIVE_INFINITY;
428     float minLon = Float.POSITIVE_INFINITY;
429     float maxLat = Float.NEGATIVE_INFINITY;
430     float maxLon = Float.NEGATIVE_INFINITY;
431     for (int i = 0; i < nodes.size(); i++) {
432         GraphNode n = nodes.get(i);
433         double[] key = { n.getLocation().lat, n.getLocation().lon };
434
435         if (minLat > n.getLocation().lat)
436             minLat = n.getLocation().lat;
437         if (maxLat < n.getLocation().lat)
438             maxLat = n.getLocation().lat;
439         if (minLon > n.getLocation().lon)
440             minLon = n.getLocation().lon;
441         if (maxLon < n.getLocation().lon)
442             maxLon = n.getLocation().lon;
443     }
444
445     boolean ok = true;
446     while (ok) {
447         try {
448             kd.insert(key, new GraphNodeContainer(n, i));
449             ok = false;
450         } catch (KeySizeException e) {
451             e.printStackTrace();
452         } catch (KeyDuplicateException e) {
453             key[0] += 0.00001;
454             key[1] += 0.00001;
455         }
456     }
457 }
458
459 LatLon minLoc = new LatLon(minLat, minLon);
460
461 double latPerKm = (maxLat - minLat) / minLoc.distanceTo(new LatLon(maxLat, minLon));
462 double lonPerKm = (maxLon - minLon) / minLoc.distanceTo(new LatLon(minLat, maxLon));
463 double threshold = 2;
464 for (int i = 0; i < nodes.size(); i++) {
465     GraphNode n = nodes.get(i);
466     double[] lowk = { n.getLocation().lat - (threshold * latPerKm * global_maximum_transfer_distance),
467                       n.getLocation().lon - (threshold * lonPerKm * global_maximum_transfer_distance) };
468     double[] uppk = { n.getLocation().lat + (threshold * latPerKm * global_maximum_transfer_distance),
469                       n.getLocation().lon + (threshold * lonPerKm * global_maximum_transfer_distance) };
470     List<GraphNodeContainer> nearby = null;
471     try {
472         nearby = kd.range(lowk, uppk);
473     } catch (KeySizeException e) {
474         e.printStackTrace();
475     }
476
477     for (GraphNodeContainer near : nearby) {
478         // if not in same track and both are transferNode
479         if (!(!nodes.get(i).getTrack().equals(near.gn.getTrack())))
480             && nodes.get(i).isTransferNode()
481             && near.gn.isTransferNode()) {
482             double distance = nodes.get(i).getLocation()
483                 .distanceTo(near.gn.getLocation());
484             if (distance < global_maximum_transfer_distance) {
485                 nodes.get(i).push_back(near.index, (float) distance);
486                 near.gn.push_back(i, (float) distance);
487             }
488         }
489     }
490 }
491
492 }
493
494 }
495
496 public String toString() {
497     String t = "";
498     for (Track tr : tracks) {
499         t += tr + "\n";
500     }
501     return t;
502 }
503
504 private static class GraphNodeContainer {
505     public GraphNode gn;
506     public int index;
507
508     public GraphNodeContainer(GraphNode gn, int index) {
509         this.gn = gn;
510         this.index = index;
511     }
512 }
513
514
515     public String findNearbyTransports(LatLon start, Double customMaximumWalkingDistance) {
516         if (customMaximumWalkingDistance == null || customMaximumWalkingDistance == -1) {

```

```

517     customMaximumWalkingDistance = globalMaximumWalkingDistance;
518 }
519
520 StringBuilder res = new StringBuilder();
521
522 // for each tracks, check minimum distance
523 for (int idx = 0; idx < tracks.size(); idx++) {
524     Track t = tracks.get(idx);
525     int tSize = t.getSize();
526     double min = Double.POSITIVE_INFINITY;
527     for (int i = 0; i < tSize; i++) {
528         double dist = start.distanceTo(t.getNode(i).getLocation());
529         if (dist < min) {
530             min = dist;
531         }
532     }
533
534     if (min <= customMaximumWalkingDistance) {
535         res.append(t.getTrackTypeId());
536         res.append("/");
537         res.append(t.getTrackId());
538         res.append("/");
539         res.append(String.format(Locale.US, "%.3f", min));
540         res.append("\n");
541     }
542 }
543
544 return res.toString();
545 }
546
547 }

```

Kode A.6: ServiceListener.java

```

1 package travel.kiri.backend;
2
3 import java.io.IOException;
4 import java.io.UnsupportedEncodingException;
5 import java.net.URLDecoder;
6 import java.util.HashMap;
7 import java.util.HashSet;
8 import java.util.Map;
9 import java.util.Set;
10
11 import javax.servlet.http.HttpServletRequest;
12 import javax.servlet.http.HttpServletResponse;
13
14 import org.eclipse.jetty.http.HttpStatus;
15 import org.eclipse.jetty.server.Request;
16 import org.eclipse.jetty.server.handler.AbstractHandler;
17
18 import travel.kiri.backend.algorithm.LatLon;
19
20 public class ServiceListener extends AbstractHandler {
21
22     public static final String PARAMETER_START = "start";
23     public static final String PARAMETER_FINISH = "finish";
24     public static final String PARAMETER_MAXIMUM_WALKING = "mw";
25     public static final String PARAMETER_WALKING_MULTIPLIER = "wm";
26     public static final String PARAMETER_PENALTY_TRANSFER = "pt";
27     public static final String PARAMETER_TRACKTYPEID_BLACKLIST = "ttib";
28     public static final String PARAMETER_ALGO = "algo";
29
30     Worker worker;
31
32     public ServiceListener(Worker w) {
33         this.worker = w;
34     }
35
36     @Override
37     public void handle(String target, Request baseRequest,
38             HttpServletRequest request, HttpServletResponse response) throws IOException {
39         String query = request.getQueryString();
40         Map<String, String> params = new HashMap<String, String>();
41         params = parseQuery(query);
42
43         String responseText = "Internal_error:_not_updated";
44         int responseCode = HttpStatus.INTERNAL_SERVER_ERROR_500;
45
46         try {
47             LatLon start = null;
48             try {
49                 start = new LatLon(params.get(PARAMETER_START));
50             } catch (NullPointerException e) {
51             }
52
53             LatLon finish = null;
54             try {
55                 finish = new LatLon(params.get(PARAMETER_FINISH));
56             } catch (NullPointerException e) {
57             }
58
59             String maximumWalking = params.get(PARAMETER_MAXIMUM_WALKING);
60             String walkingMultiplier = params.get(PARAMETER_WALKING_MULTIPLIER);
61             String penaltyTransfer = params.get(PARAMETER_PENALTY_TRANSFER);
62             String trackTypeIdBlacklistString = params.get(PARAMETER_TRACKTYPEID_BLACKLIST);
63             String algorithm = params.get(PARAMETER_ALGO);
64

```

```

65     Set<String> trackTypeIdBlacklist = null;
66     if (trackTypeIdBlacklistString != null) {
67         String[] trackTypeIdsArray = trackTypeIdBlacklistString.split(",");
68         trackTypeIdBlacklist = new HashSet<String>();
69         for (String member : trackTypeIdsArray) {
70             trackTypeIdBlacklist.add(member);
71         }
72     }
73
74     if (start != null && finish != null) {
75         // findRoute
76         responseText = worker.findRoute(
77             start,
78             finish,
79             maximumWalking == null ? null : new Double(maximumWalking),
80             walkingMultiplier == null ? null : new Double(walkingMultiplier),
81             penaltyTransfer == null ? null : new Double(penaltyTransfer),
82             trackTypeIdBlacklist,
83             algorithm);
84         responseCode = HttpStatus.OK_200;
85     } else if (start != null && finish == null) {
86         // findNearby
87         responseText = worker.findNearbyTransports(
88             start,
89             maximumWalking == null ? null : new Double(maximumWalking));
90         responseCode = HttpStatus.OK_200;
91     } else {
92         responseText = "Please_provide_start_and_finish_location";
93         responseCode = HttpStatus.BAD_REQUEST_400;
94     }
95
96 } catch (Exception e) {
97     e.printStackTrace();
98     responseText = e.toString();
99     responseCode = HttpStatus.INTERNAL_SERVER_ERROR_500;
100 }
101
102 response.setStatus(responseCode);
103 baseRequest.setHandled(true);
104 response.getWriter().println(responseText);
105 }
106
107 private Map<String, String> parseQuery(String query)
108     throws UnsupportedEncodingException, NullPointerException {
109     Map<String, String> params = new HashMap<String, String>();
110     if (query != null) {
111         String pairs[] = query.split("[&]");
112         for (String pair : pairs) {
113             String param[] = pair.split("[=]");
114
115             String key = null;
116             String value = null;
117             if (param.length > 0) {
118                 key = URLDecoder.decode(param[0],
119                     System.getProperty("file.encoding"));
120             }
121             if (param.length > 1) {
122                 value = URLDecoder.decode(param[1],
123                     System.getProperty("file.encoding"));
124             }
125
126             params.put(key, value);
127         }
128     } else {
129         throw new NullPointerException("query_is_null");
130     }
131     return params;
132 }
133 }
```

Kode A.7: main.php

```

1 <?php
2 defined('BASEPATH') or exit('No direct script access allowed');
3 ?>
4 <!DOCTYPE html>
5 <html class="no-js" lang="en">
6
7 <head>
8     <meta charset="utf-8" />
9     <!-- Global site tag (gtag.js) - Google Analytics -->
10    <script async src="https://www.googletagmanager.com/gtag/js?id=G-QXRGWXE3RZ"></script>
11    <script>
12        window.dataLayer = window.dataLayer || [];
13
14        function gtag() {
15            dataLayer.push(arguments);
16        }
17        gtag('js', new Date());
18
19        gtag('config', 'G-QXRGWXE3RZ');
20    </script>
21    <title>KIRI</title>
22    <meta name="viewport" content="width=device-width,_initial-scale=1.0" />
23    <meta name="description" content="<?= $_this->lang->line('meta-description') ?>" />
24    <meta name="author" content="Project_Kiri_(KIRI)" />
25    <link rel="stylesheet" href="/ext/bootstrap/css/bootstrap.min.css" />
26    <link href="https://api.mapbox.com/mapbox-gl-js/v1.10.0/mapbox-gl.css" rel="stylesheet" />
```

```

27    <link rel="stylesheet" href="/styleIndex.css" />
28    <link rel="icon" href="/images/favicon.ico" type="image/x-icon">
29 </head>
30
31 <body>
32   <div class="container-fluid">
33     <div class="row_order-3">
34       <div id="controlpanel" class="col-lg-3 col-md-6 order-md-9">
35         <div class="col">
36           
37         </div>
38
39       <div class="row_p-1_pb-3">
40         <div class="col-5">
41           <select id="regionselect" class="form-control">
42             <?php foreach ($regions as $key => $value): ?>
43               <option value=<?= $key ?> <?= ($region == $key ? 'selected' : '') ?>><?= $value['name'] ?><
44                 option>
45             </?php endforeach; ?>
46           </select>
47         </div>
48         <div class="col-7">
49           <select id="localeselect" class="form-control">
50             <?php foreach ($languages as $key => $value): ?>
51               <option value=<?= $key ?> <?= ($locale == $key ? 'selected' : '') ?>><?= $value['name'] ?><
52                 option>
53             </?php endforeach; ?>
54           </select>
55         </div>
56       <div class="row_p-1">
57         <div class="col-3">
58           <span for="startInput" class="align-middle"><?= $this->lang->line('From') ?>:</span>
59         </div>
60         <div class="col-9">
61           <input type="text" id="startInput" class="form-control" value="" placeholder=<?= $this->lang->line(
62             'placeholder-from') ?>">
63         </div>
64       <div class="row_p-1">
65         <div class="col-lg-12">
66           <select id="startSelect" class="form-control_hidden"></select>
67         </div>
68       <div class="row_p-1">
69         <div class="col-3">
70           <span for="finishInput" class="align-middle"><?= $this->lang->line('To') ?>:</span>
71         </div>
72         <div class="col-9">
73           <input type="text" id="finishInput" class="form-control" value="" placeholder=<?= $this->lang->line(
74             'placeholder-to') ?>">
75         </div>
76       <div class="row_p-1">
77         <div class="col-lg-12">
78           <select id="finishSelect" class="form-control_hidden"></select>
79         </div>
80       <div class="row_p-0">
81         <div class="col-lg-12">
82           <select id="selectAlgo" class="form-control_hidden"></select>
83         </div>
84       <div class="row_p-1">
85         <div class="col-3">
86           <span for="algoselect" class="align-middle">Algorithm:</span>
87         </div>
88         <div class="col-9">
89           <select id="algoselect" class="form-control">
90             <option value="dijkstra">Dijkstra</option>
91             <option value="floydwarshall">Floyd-Warshall</option>
92             <option value="astar">A*</option>
93           </select>
94         </div>
95       <div class="row_p-1_pb-3">
96         <div class="btn-group_fullwidth" role="group">
97           <div class="col-sm-6">
98             <a href="#" class="btn btn-primary_btn-block" id="findbutton"><strong><?= $this->lang->line('Find')
99               ?></strong></a>
100            </div>
101            <div class="col-sm-3">
102              <a href="#" class="btn btn-light_btn-block" id="swapbutton"></a>
103            </div>
104            <div class="col-sm-3">
105              <a href="#" class="btn btn-light_btn-block" id="resetbutton"></a>
107            </div>
108          </div>
109        </div>
110      </div>
111      <div class="row_p-1">
112        <div class="col-12" id="routingresults">
113          <div id="results-section-container"></div>
114        </div>
115      </div>
116      <div class="row">
117        <div class="col-12">
118          <footer>
119        </div>

```

```

120    <a href=<?=$this->lang->line('url-legal')?>><?= $this->lang->line('Legal') ?></a> |  

121    <a href=<?=$this->lang->line('url-feedback')?>><?= $this->lang->line('Feedback') ?></a> |  

122    <a href=<?=$this->lang->line('url-about')?>><?= $this->lang->line('About_KIRI') ?></a><br /><br />  

123    <form action="https://www.paypal.com/cgi-bin/webscr" method="post" target="_top">  

124        <input type="hidden" name="cmd" value="s-xclick">  

125        <input type="hidden" name="hosted_button_id" value="WKWS26A57WHJG">  

126        <input type="image" src="https://www.paypalobjects.com/en_US/i/btn(btn_donate_SM.gif" border="0"  

127            name="submit" alt="PayPal - The safer, easier way to pay online!">  

128          

129    </form>  

130    </footer>  

131    &nbsp;  

132    </div>  

133    <div id="map" class="col-md-6 col-lg-9"></div>  

134  </div>  

135  </div>  

136  </div>  

137  <script src="/ext/jquery/jquery.min.js"></script>  

138  <script src="/ext/bootstrap/js/bootstrap.min.js"></script>  

139  <script src="https://api.mapbox.com/mapbox-gl-js/v1.10.0/mapbox-gl.js"></script>  

140  <script>  

141      var region = '?=_$region_?';  

142      var input_text = ?=< json_encode($inputText) ?>;  

143      var coordinates = ?=< json_encode($inputCoordinate) ?>;  

144  </script>  

145  <script src="/mainpage/js/protocol.js"></script>  

146  <script src="/mainpage/js/main.js?locale=?=_$locale_?>"></script>  

147  <?php if ($newhome_popup): ?>  

148      <div class="modal_fade" id="popupModal" tabindex="-1" role="dialog" aria-labelledby="modalLabel" aria-hidden="true">  

149          <div class="modal-dialog">  

150              <div class="modal-content">  

151                  <div class="modal-header">  

152                      <h5 class="modal-title" id="modalodalLabel">KIRI has a new home</h5>  

153                      <button type="button" class="close" data-dismiss="modal" aria-label="Close">  

154                          <span aria-hidden="true">&times;</span>  

155                      </button>  

156                  </div>  

157                  <div class="modal-body">  

158                      ?=< $this->lang->line('newhome-message') ?>  

159                  </div>  

160                  <div class="modal-footer">  

161                      <button type="button" class="btn btn-primary" data-dismiss="modal">OK</button>  

162                  </div>  

163              </div>  

164          </div>  

165      <script>  

166          $(document).ready(function() {  

167              $('#popupModal').modal();  

168          });
169      </script>
170  <?php endif; ?>
171 </body>
172 </html>

```

Kode A.8: main.js

```

1  <?php  

2  defined('BASEPATH') OR exit('No direct script access allowed');  

3  ?>  

4  var regions = ?=< json_encode($this->config->item('regions')) ?>;  

5  mapboxgl.accessToken = ?=< json_encode($this->config->item('mapbox-token')) ?>;  

6  

7  const trackColors = ['#339933', '#8B33B', '#267373'];  

8  const walkColor = '#CC3333';  

9  

10 var map_component_ids = [];  

11  

12 $(document).ready(function () {  

13     var protocol = new CicahumLedengProtocol(?=< json_encode($this->config->item('cicaheumledeng-key')) ?>, function (message) {  

14         clearSecondaryAlerts();  

15         showAlert('?=< $this->lang->line("Connection_problem") ?>', 'alert');  

16     });  

17  

18     var map = new mapboxgl.Map({  

19         container: 'map', // container id  

20         style: 'mapbox://styles/mapbox/outdoors-v11', // stylesheet location  

21         center: [regions[region].lon, regions[region].lat], // starting position [lng, lat]  

22         zoom: regions[region].zoom // starting zoom  

23     });  

24     map.addControl(new mapboxgl.NavigationControl());  

25     var resultVectorSource = {  

26         'type': 'FeatureCollection',  

27         'features': [  

28             {}  

29         ]};  

30  

31     // Start geolocation tracking routine  

32     var geolocation = new mapboxgl.GeolocateControl({  

33         positionOptions: {  

34             enableHighAccuracy: true,  

35             timeout: 1000  

36         },  

37         trackUserLocation: true
38

```

```

39    });
40    map.addControl(geolocation);
41    // End geolocation tracking routine
42
43    var markers = { start: null, finish: null };
44    var routingResultMarkers = [];
45
46    // Preload start and finish marker image
47    var startMarkerElement = document.createElement('img');
48    startMarkerElement.setAttribute('src', '../../../../../images/start.png');
49    startMarkerElement.setAttribute('alt', 'start_marker');
50    var finishMarkerElement = document.createElement('img');
51    finishMarkerElement.setAttribute('src', '../../../../../images/finish.png');
52    finishMarkerElement.setAttribute('alt', 'finish_marker');
53    var walkMarkerElement = document.createElement('img');
54    walkMarkerElement.setAttribute('src', '../../../../../images/means/walk/balloon/walk.png');
55    walkMarkerElement.setAttribute('alt', 'walk_marker');
56
57    var focused = false;
58    $.each(['start', 'finish'], function (sfIndex, sfValue) {
59      var placeInput = $('#' + sfValue + 'Input');
60      var placeSelect = $('#' + sfValue + 'Select');
61
62      if (input_text[sfValue] != null) {
63        placeInput.val(input_text[sfValue]);
64        if (coordinates[sfValue] != null) {
65          placeInput.prop('disabled', true);
66          var lonlat = stringToLonLat(coordinates[sfValue]);
67          mapCenter = lonlat;
68        }
69      } else if (focused === false) {
70        placeInput.focus();
71        focused = true;
72      }
73      $('#' + sfValue + 'Select').addClass('hidden');
74
75      placeInput.change(function () {
76        coordinates[sfValue] = null;
77        if (markers[sfValue] != null) {
78          markers[sfValue].remove();
79          markers[sfValue] = null;
80        }
81      });
82      placeSelect.change(function () {
83        clearAlerts();
84        showAlert('' + '<?=>lang->line("Please wait")?>...', 'secondary');
85        coordinates[sfValue] = $(this).val();
86        checkCoordinatesThenRoute(coordinates);
87      });
88    });
89
90    // Event handlers
91    var localeSelect = $('#localeselect');
92    localeSelect.change(function () {
93      // IE fix: when window.location.origin is not available
94      if (!window.location.origin) {
95        window.location.origin = window.location.protocol + "//" + window.location.hostname + (window.location.port ? ":" + window.location.port : '');
96      }
97      window.location.replace(window.location.origin + "?locale=" + localeSelect.val());
98    });
99    var regionSelect = $('#regionselect');
100   regionSelect.change(function () {
101     updateRegion(regionSelect.val(), true);
102     coordinates['start'] = null;
103     coordinates['finish'] = null;
104   });
105   $('#findbutton').click(findRouteClicked);
106   $('input').keyup(function (e) {
107     if (e.keyCode === 13) {
108       findRouteClicked();
109     }
110   });
111   $('#resetbutton').click(resetScreen);
112   $('#swapbutton').click(swapInput);
113
114   // Map click event
115   map.on('click', function (event) {
116     if ($('#startInput').val() === '') {
117       markers['start'] = new mapboxgl.Marker({
118         element: startMarkerElement,
119         anchor: 'bottom-right',
120       });
121       markers['start'].setLngLat([event.lngLat['lng'], event.lngLat['lat']]);
122       markers['start'].addTo(map);
123       $('#startInput').val(latLngToString(event.lngLat));
124     } else if ($('#finishInput').val() === '') {
125       markers['finish'] = new mapboxgl.Marker({
126         element: finishMarkerElement,
127         anchor: 'bottom-left',
128       });
129       markers['finish'].setLngLat([event.lngLat['lng'], event.lngLat['lat']]);
130       markers['finish'].addTo(map);
131       $('#finishInput').val(latLngToString(event.lngLat));
132     }
133   });
134
135   // Lastly, execute search if both start and finish are ready
136

```

```

137 if ($('#startInput').val() != '' && $('#finishInput').val() != '') {
138   findRouteClicked();
139 }
140
141 /**
142 * Check if coordinates are complete. If yes, then start routing.
143 * @param coordinates the coordinates to check.
144 */
145 function checkCoordinatesThenRoute(coordinates) {
146   if (coordinates['start'] != null && coordinates['finish'] != null) {
147
148     protocol.findRoute(
149       coordinates['start'],
150       coordinates['finish'],
151       $('#algoselect').val(),
152       '<?=$locale?>',
153       function (results) {
154         if (results.status === 'ok') {
155           showRoutingResults(results);
156         } else {
157           clearSecondaryAlerts();
158           showAlert('<?=$this->lang->line("Connection_problem")?>', 'alert');
159         }
160       });
161   }
162 }
163
164
165 function clearRoutingResultsOnMap() {
166   updateRegion(region, false);
167   // Remove layers in backward manner, because layer is dependant on source
168   // but source was created first
169   for (let i = map_component_ids.length; i >= 0; i--) {
170     if (map.getLayer(map_component_ids[i])) {
171       map.removeLayer(map_component_ids[i]);
172     }
173     if (map.getSource(map_component_ids[i])) {
174       map.removeSource(map_component_ids[i]);
175     }
176   }
177   // Remove markers
178   for (let i = 0; i < routingResultMarkers.length; i++) {
179     routingResultMarkers[i].remove();
180   }
181   routingResultMarkers = [];
182 }
183
184 function clearRoutingResultsOnTable() {
185   $('.nav').remove();
186   $('.tab-content').remove();
187 }
188
189 function clearAlerts() {
190   $('.alert').remove();
191 }
192
193 function clearSecondaryAlerts() {
194   $('.alert.alert-secondary').fadeOut();
195 }
196
197 function clearStartFinishMarker() {
198   if (markers['start'] != null) {
199     markers['start'].remove();
200     markers['start'] = null;
201   }
202   if (markers['finish'] != null) {
203     markers['finish'].remove();
204     markers['finish'] = null;
205   }
206 }
207
208 /**
209 * A function that will be called when find route button is clicked
210 * (or triggered by another means)
211 */
212 function findRouteClicked() {
213   // Validate
214   var cancel = false;
215   $.each(['start', 'finish'], function (sfIndex, sfValue) {
216     if ($('#' + sfValue + 'Input').val() === '') {
217       cancel = true;
218       return;
219     }
220   });
221   if (cancel) {
222     showAlert('<?=$this->lang->line("Fill_both")?>', 'alert');
223     return;
224   }
225
226   clearAlerts();
227   clearRoutingResultsOnTable();
228   showAlert(' ' + '<?=$this->lang->line("Please_wait")?>...', 'secondary');
229
230   var completedLatLon = 0;
231   $.each(['start', 'finish'], function (sfIndex, sfValue) {
232     var placeInput = $('#' + sfValue + 'Input');
233     var placeSelect = $('#' + sfValue + 'Select');
234
235

```

```

236        if (isLatLang(placeInput.val())) {
237            coordinates[sfValue] = placeInput.val();
238            completedLatLon++;
239        } else {
240            if (coordinates[sfValue] == null) {
241                // Coordinates not yet ready, we do a search place
242                if (coordinates[sfValue] == null) {
243                    // Coordinates not yet ready, we do a search place
244                    protocol.searchPlace(
245                        placeInput.val(),
246                        region,
247                        function (result) {
248                            placeSelect.empty();
249                            placeSelect.addClass('hidden');
250                            if (result.status != 'error') {
251                                if (result.searchresult.length > 0) {
252                                    $().each(result.searchresult, function (index, value) {
253                                        var placeSelect = $('#' + sfValue + 'Select');
254                                        placeSelect
255                                            .append('<option>' + value['location'] + '</option>');
256                                            .attr('value', value['location']);
257                                            .text(value['placename']));
258                                        placeSelect.removeClass('hidden');
259                                    });
260                                    coordinates[sfValue] = result.searchresult[0]['location'];
261                                    checkCoordinatesThenRoute(coordinates);
262                                } else {
263                                    clearSecondaryAlerts();
264                                    clearRoutingResultsOnMap();
265                                    showAlert(placeInput.val() + '<?=$this->lang->line("not_found")?>', 'alert');
266                                }
267                            } else {
268                                clearSecondaryAlerts();
269                                clearRoutingResultsOnMap();
270                                showAlert('<?=$this->lang->line("Connection_problem")?>', 'alert');
271                            }
272                        });
273                    } else {
274                        // Coordinates are already available, skip searching
275                        completedLatLon++;
276                    }
277                }
278            });
279        if (completedLatLon == 2) {
280            checkCoordinatesThenRoute(coordinates);
281        }
282    }
283
284 /**
285 * Convert lon/lat into text representation
286 * @return the lon/lat in string, 5 digits after '.'
287 */
288 function latLangToString(lonLat) {
289     return lonLat['lat'].toFixed(5) + ',' + lonLat['lng'].toFixed(5);
290 }
291
292 /**
293 * Checks if the text provided is in a lat/lng format.
294 * @return true if it is, false otherwise.
295 */
296 function isLatLang(text) {
297     return text.match(/^-?[0-9.]+,-?[0-9.]+/);
298 }
299
300 function resetScreen() {
301     clearRoutingResultsOnTable();
302     clearRoutingResultsOnMap();
303     clearAlerts();
304     clearStartFinishMarker();
305     $.each(['start', 'finish'], function (sfIndex, sfValue) {
306         var placeInput = $('#' + sfValue + 'Input');
307         placeInput.val('');
308         placeInput.prop('disabled', false);
309         $('#' + sfValue + 'Select').addClass('hidden');
310     });
311 }
312
313 /**
314 * Sets a cookie in browser, adapted from http://www.w3schools.com/js/js_cookies.asp
315 */
316 function setCookie(cname, cvalue) {
317     var d = new Date();
318     d.setTime(d.getTime() + (365 * 24 * 60 * 60 * 1000));
319     var expires = "expires=" + d.toGMTString();
320     document.cookie = cname + "=" + cvalue + ";u" + expires;
321 }
322
323 /**
324 * Show alert message
325 * @param message the message
326 * @param cssClass the bootstrap css class
327 */
328 function showAlert(message, cssClass) {
329     if (cssClass === 'alert') {
330         cssClass = 'danger'
331     }
332     var alert = $('

' +
333         '&times;</a></div>'\);


```

```

334     $($('#routingresults')).prepend(alert);
335 }
336 /**
337 * Shows the routing result on panel an map
338 * @param results the routing result JSON response
339 */
340 function showRoutingResults(results) {
341     clearStartFinishMarker();
342     clearRoutingResultsOnTable();
343     clearSecondaryAlerts();
344     var kiriURL = encodeURIComponent('<?=$_base_url()_?>?start=' + encodeURIComponent($('#startInput').val()) + '&finish=' + encodeURIComponent($('#finishInput').val()));
345     var kiriMessage = encodeURIComponent('<?=$this->lang->line("I_utake_public_transport")?>'.replace('%finish%', $('#finishInput').val().replace('%start%', $('#startInput').val())));
346     var sectionContainer = $('<div></div>');
347     var temp1 = $('<ul class="nav-tabs" role="tablist"></ul>');
348     var temp2 = $('<div class="tab-content"></div>');
349     $('#routingresults').append(sectionContainer);
350     $.each(results.routingresults, function(resultIndex, result) {
351         var resultHTML1 = resultIndex === 0 ? '<li><a class="nav-link active active-tabs" : <li><a class="nav-link" :';
352         resultHTML1 += 'text-decoration:none" data-toggle="tab" href="#panel1-' + (resultIndex + 1) + '" role="tab">' + (
353             result.traveltime === null ? '<?= $this->lang->line("Oops")?' : result.traveltime) + '</a></li>';
354         var resultHTML2 = '<div id="panel1-' + (resultIndex + 1) + '">';
355         resultHTML2 += resultIndex === 0 ? '<class="tab-pane active" role="tabpanel"><table class="table-striped"> : <class="x-tab-pane" role="tabpanel"><table class="table-striped">';
356         $.each(result.steps, function (stepIndex, step) {
357             resultHTML2 += '<tr><td class="p-1">' + step[1] + '</td><td class="p-1">' + step[3];
358             resultHTML2 += '</td></tr>';
359         });
360         resultHTML2 += "<tr><td class=\"p-1 center\" colspan=\"2\">";
361         resultHTML2 += "<a href=\"#panel1-' + (resultIndex + 1) + '\" target=_blank\" href=\"https://www.facebook.com/sharer/sharer.php?u=" + kiriURL + "\"><img alt=";
362         resultHTML2 += "Share to Facebook\" src=\"images/fb-large.png\"/></a>&nbsp;&nbsp;&nbsp;";
363         resultHTML2 += "<a href=\"#_blank\" href=\"https://twitter.com/intent/tweet?via=kiriupdate&text=" + kiriMessage + "+";
364         resultHTML2 += kiriURL + "><img alt=\"Tweet\" src=\"images/twitter-large.png\"/></a>";
365         resultHTML2 += "</td></tr>\n";
366         resultHTML2 += '</table></div>';
367         temp1.append(resultHTML1);
368         temp2.append(resultHTML2);
369     });
370     sectionContainer.append(temp1);
371     sectionContainer.append(temp2);
372     $(".nav-link").on("click", function(){
373         $(".nav").find(".active").removeClass("active");
374         $(".tab-pane").removeClass("active");
375         $(this).addClass("active");
376         $(this).attr("href").addClass("active");
377     });
378     $.each(results.routingresults, function(resultIndex, result) {
379         $('a[href="#panel1-' + (resultIndex + 1) + '"]').click(function() {
380             showSingleRoutingResultOnMap(result);
381         });
382     });
383     showSingleRoutingResultOnMap(results.routingresults[0]);
384 }
385 /**
386 * Shows a single routing result on map
387 * @param result the JSON array for one result
388 */
389 function showSingleRoutingResultOnMap(result) {
390     clearRoutingResultsOnMap();
391     let trackCounter = 0;
392     let bounds = null;
393     $.each(result.steps, function (stepIndex, step) {
394         if (step[0] === 'none') {
395             // Don't draw line
396         } else {
397             let coordinates = stringArrayToPointArray(step[2]);
398             map.addSource('source_' + stepIndex, {
399                 'type': 'geojson',
400                 'data': {
401                     'type': 'Feature',
402                     'properties': {
403                         'color': step[0] == 'walk' ? walkColor : trackColors[trackCounter++ % trackColors.length]
404                     },
405                     'geometry': {
406                         'type': 'LineString',
407                         'coordinates': coordinates
408                     }
409                 }
410             });
411             map_component_ids.push('source_' + stepIndex);
412             map.addLayer({
413                 'id': 'layer_' + stepIndex,
414                 'type': 'line',
415                 'source': 'source_' + stepIndex,
416                 'layout': {
417                     'line-join': 'round',
418                     'line-cap': 'round'
419                 },
420                 'paint': {
421                     'line-color': ['get', 'color'],
422                     'line-width': 5
423                 }
424             });
425     });
}

```

```

426 map_component_ids.push('layer_' + stepIndex);
427 for (let i = 0; i < coordinates.length; coordinates++) {
428   if (bounds) {
429     bounds.extend(coordinates[i]);
430   } else {
431     bounds = new mapboxgl.LngLatBounds(coordinates[i], coordinates[i]);
432   }
433 }
435
436 if (stepIndex === 0) {
437   let marker = new mapboxgl.Marker({
438     element: startMarkerElement,
439     anchor: 'bottom-right'
440   });
441   marker.setLngLat(stringToLonLat(step[2][0]));
442   marker.addTo(map);
443   routingResultMarkers.push(marker);
444 } else {
445   var lonlat = stringToLonLat(step[2][0]);
446   if (step[0] != "walk") {
447     let angkotMarkerElement = document.createElement('img');
448     angkotMarkerElement.setAttribute('src', '../../../../../images/means/' + step[0] + '/balloon/' + step[1] + '.png');
449     angkotMarkerElement.setAttribute('alt', 'angkot_marker');
450     let marker = new mapboxgl.Marker({
451       element: angkotMarkerElement,
452       anchor: 'bottom-left'
453     });
454     marker.setLngLat(lonlat);
455     marker.addTo(map);
456     routingResultMarkers.push(marker);
457   } else {
458     let marker = new mapboxgl.Marker({
459       element: walkMarkerElement,
460       anchor: 'bottom-right'
461     });
462     marker.setLngLat(lonlat);
463     marker.addTo(map);
464     routingResultMarkers.push(marker);
465   }
466 }
467
468 if (stepIndex === result.steps.length - 1) {
469   let marker = new mapboxgl.Marker({
470     element: finishMarkerElement,
471     anchor: 'bottom-left'
472   });
473   marker.setLngLat(stringToLonLat(step[2][step[2].length - 1]));
474   marker.addTo(map);
475   routingResultMarkers.push(marker);
476 }
477 });
478
479 map.fitBounds(bounds, {
480   padding: 20
481 });
482 }
483
484 /**
485 * Converts "lat,lon" array into coordinate object array.
486 * @return the converted Point array object
487 */
488 function stringArrayToPointArray(textArray) {
489   var lonlatArray = new Array();
490   $.each(textArray, function (index, value) {
491     lonlatArray[index] = stringToLonLat(value);
492   });
493   return lonlatArray;
494 }
495
496 /**
497 * Converts "lat,lng" into lonlat array
498 * @return the converted lonlat array
499 */
500 function stringToLonLat(text) {
501   var latlon = text.split(/\s*/);
502   return [parseFloat(latlon[1]), parseFloat(latlon[0])];
503 }
504
505 /**
506 * Swap the inputs
507 */
508 function swapInput() {
509   var startInput = $('#startInput');
510   var finishInput = $('#finishInput');
511   var temp = startInput.val();
512   startInput.val(finishInput.val());
513   finishInput.val(temp);
514   coordinates['start'] = null;
515   coordinates['finish'] = null;
516
517   if (startInput.val() != '' & finishInput.val() != '') {
518     findRouteClicked();
519   }
520 }
521
522 /**
523 * Updates the region information in this page.
524 */

```

```

525     function updateRegion(newRegion, updateCookie) {
526         region = newRegion;
527         if (updateCookie) {
528             setCookie('region', region);
529         }
530         var point = [regions[region].lon, regions[region].lat];
531         map.flyTo({ center: point, zoom: regions[region].zoom, bearing: 0, pitch: 0 });
532     }
533
534     /**
535      * Computes distance between two position (from http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html)
536     */
537     function computeDistance(p1, p2) {
538         var R = 6371; // km
539         var p1Lat = p1[1] * Math.PI / 180;
540         var p2Lat = p2[1] * Math.PI / 180;
541         var dLat = (p2[1] - p1[1]) * Math.PI / 180;
542         var dLon = (p2[0] - p1[0]) * Math.PI / 180;
543
544         var a = Math.sin(dLat / 2) * Math.sin(dLat / 2) +
545             Math.sin(dLon / 2) * Math.sin(dLon / 2) *
546             Math.cos(p1Lat) * Math.cos(p2Lat);
547         var c = 2 * Math.atan2(Math.sqrt(a), Math.sqrt(1 - a));
548         var d = R * c;
549         return d;
550     }
551 });

```

Kode A.9: protocol.js

```

1 <?php
2 defined('BASEPATH') OR exit('No direct script access allowed');
3 ?>function CicahumLedengProtocol(apikey, errorHandler) {
4     // IE fix: when window.location.origin is not available
5     if (!window.location.origin) {
6         window.location.origin = window.location.protocol + "://" + window.location.hostname + (window.location.port ? ':' + window.location.port : '');
7     }
8     var HANDLE_URL = window.location.origin + '/api';
9     this.searchPlace = function(query, region, successHandler) {
10        $.ajax({
11            url: HANDLE_URL,
12            type: "GET",
13            data: {
14                mode: "searchplace",
15                version: "3",
16                region: region,
17                apikey: apikey,
18                querystring: query
19            },
20            success: function(data) {
21                successHandler(data);
22            },
23            error: function(jqxhr, textStatus, error) {
24                errorHandler();
25            }
26        });
27    };
28    this.findRoute = function(start, finish, algo, locale, successHandler) {
29        $.ajax({
30            url: HANDLE_URL,
31            type: "GET",
32            data: {
33                mode: "findroute",
34                version: "3",
35                apikey: apikey,
36                start: start,
37                finish: finish,
38                algo: algo,
39                locale: locale,
40                presentation: "desktop"
41            },
42            success: function(data) {
43                successHandler(data);
44            },
45            error: function(jqxhr, textStatus, error) {
46                errorHandler();
47            }
48        });
49    };
50 }

```

Kode A.10: Api.php

```

1 <?php
2 defined('BASEPATH') or exit('No direct script access allowed');
3
4 class Api extends CI_Controller
5 {
6
7     public $cache;
8     public $db;
9     public $Api_model;
10    public $Cache_model;
11

```

```

12 public function __construct()
13 {
14     parent::__construct();
15     $this->load->model('Api_model');
16     $this->load->model('Cache_model');
17     $this->load->config('tirtayasa');
18     $this->load->config('credentials');
19 }
20
21 public function index()
22 {
23     try {
24         $version = $this->Api_model->getInput('version', false);
25         $version = is_null($version) ? 1 : $version;
26         $apikey = $this->Api_model->getInput('apikey');
27         $this->Api_model->checkApiKey($apikey);
28         $mode = $this->Api_model->getInput('mode');
29
30         switch ($mode) {
31             case 'findroute':
32                 $this->_findroute($version, $apikey);
33                 break;
34             case 'searchplace':
35                 $this->_searchplace($version, $apikey);
36                 break;
37             case 'reporterror':
38                 throw new Exception('501_This_mode_is_no_longer_supported.');
39             case 'nearbytransports':
40                 $this->_nearbytransports($version, $apikey);
41                 break;
42             default:
43                 throw new Exception('400_Mode_not_understood:' . $mode);
44         }
45     } catch (Exception $e) {
46         $message = $e->getMessage();
47         $this->Logging_model->logError($message);
48         if (preg_match('/^([1-5][0-9][0-9])_(.+)$/', $message, $matches) === 1) {
49             $httpcode = $matches[1];
50             $message = $matches[2];
51         } else {
52             $httpcode = '500';
53         }
54         $this->Api_model->outputJson(array(
55             'status' => 'error',
56             'message' => $message
57         ), $version >= 4 ? $httpcode : '200');
58     }
59 }
60
61 public function _findroute($version, $apikey)
62 {
63     $start = $this->Api_model->getInput('start');
64     $finish = $this->Api_model->getInput('finish');
65     $algo = $this->Api_model->getInput('algo');
66     $locale = $this->Api_model->getInput('locale');
67
68     $language = $this->config->item('languages')[getLocale];
69     if (is_null($language)) {
70         throw new Exception("400_Locale_not_found:_$locale");
71     }
72     $this->lang->load('tirtayasa', $language['file']);
73
74     $presentation = $this->Api_model->getInput('presentation', false);
75     if (is_null($presentation)) {
76         $presentation = 'desktop';
77     }
78
79     // Retrieve from menjangan server.
80     $results = array();
81     if ($version >= 2) {
82         $alternatives = $this->config->item('routing-alternatives');
83         $count = $presentation === 'mobile' ? 1 : sizeof($alternatives);
84         for ($i = 0; $i < $count; $i++) {
85             $url = $this->config->item('url-menjangan') . "?start=$start&finish=$finish&algo=$algo";
86             $url .= '&' . 'mw' . '=' . $alternatives[$i]['mw'];
87             $url .= '&' . 'wm' . '=' . $alternatives[$i]['wm'];
88             $url .= '&' . 'pt' . '=' . $alternatives[$i]['pt'];
89             $result = file_get_contents($url);
90             if ($result === FALSE) {
91                 throw new Exception("There's_an_error_while_reading_the_menjangan_response.");
92             }
93             $results[$result] = true;
94         }
95     } else {
96         $result = file_get_contents($this->config->item('url-menjangan') . "?start=$start&finish=$finish");
97         if ($result === FALSE) {
98             throw new Exception("There's_an_error_while_reading_the_menjangan_response.");
99         }
100        $results[$result] = true;
101    }
102
103    foreach ($results as $result => $dummy) {
104        $travel_time = 0;
105        $route_output = array();
106        $steps = explode("\n", $result);
107        foreach ($steps as $step) {
108            $step = trim($step);
109            if ($step === '') {
110                // Could be the last line, ignore if empty.

```

```

111     continue;
112 }
113 // Path is not found
114 if ($step === 'none') {
115     if (sizeof($results) === 1) {
116         // There is not other alternative
117         $route_output[] = array("none", "none", array($start, $finish), $this->lang->line('Route_not_found'));
118         $travel_time = null;
119         break;
120     } else {
121         // There is alternative, hence we just skip this step.
122         continue 2;
123     }
124 }
125 list($means, $means_detail, $route, $distance, $nearbyplaceids) = explode("/", $step);
126 if (!isset($means) || !isset($route) || !isset($distance) || !isset($nearbyplaceids)) {
127     throw new Exception("Incomplete_response_in_this_line:{$step}");
128 }
129 $points = explode(" ", $route);
130 $from = $points[0];
131 $to = $points[sizeof($points) - 1];
132 // Replace keywords with real location, then construct the detailed path
133 for ($i = 0, $size = sizeof($points); $i < $size; $i++) {
134     if ($points[$i] === 'start') {
135         $points[$i] = $start;
136     }
137     if ($points[$i] === 'finish') {
138         $points[$i] = $finish;
139     }
140 }
141
142 // Construct the human readable form of the walk
143 $humanized_from = $this->Api_model->humanizePoint($from);
144 $humanized_to = $this->Api_model->humanizePoint($to);
145 // Convert whole path to human readable form
146 if ($means === 'walk') {
147     // Remove unnecessary information if not needed.
148     if ($humanized_from === $humanized_to) {
149         // When we're in mobile, skip this step (not really necessary)
150         if ($presentation === 'mobile') {
151             $humanreadable = null;
152         } else {
153             $humanreadable = $this->lang->line('Walk_slightly_at');
154             $humanreadable = str_replace('%street', $humanized_from, $humanreadable);
155             $humanreadable = str_replace('%distance', $this->Api_model->formatDistance($distance), $humanreadable);
156             ;
157         }
158     } else {
159         if ($presentation === 'mobile') {
160             $humanized_from .= '_%fromicon';
161             $humanized_to .= '_%toicon';
162         }
163         $humanreadable = $this->lang->line('Walk_from_to');
164         $humanreadable = str_replace('%from', $humanized_from, $humanreadable);
165         $humanreadable = str_replace('%to', $humanized_to, $humanreadable);
166         $humanreadable = str_replace('%distance', $this->Api_model->formatDistance($distance), $humanreadable);
167     }
168     $travel_time += $distance / $this->config->item('speed-walk');
169     $booking_url = null;
170 } else {
171     $trackDetail = $this->Api_model->getTrackDetails($means, $means_detail);
172
173     // Construct the human readable form of the walk
174     if ($presentation === 'mobile') {
175         $humanized_from .= '_%fromicon';
176         $humanized_to .= '_%toicon';
177     }
178     $humanreadable = $this->lang->line('Take_public_transport');
179     $humanreadable = str_replace('%from', $humanized_from, $humanreadable);
180     $humanreadable = str_replace('%to', $humanized_to, $humanreadable);
181     $humanreadable = str_replace('%distance', $this->Api_model->formatDistance($distance), $humanreadable);
182     $humanreadable = str_replace('%trackname', $trackDetail->trackName, $humanreadable);
183     $humanreadable = str_replace('%tracktype', $trackDetail->trackTypeName, $humanreadable);
184
185     $travel_time += $distance / intval($trackDetail->speed);
186     if (!is_null($trackDetail->ticketURL) && !is_null($trackDetail->extraParameters)) {
187         $booking_url = $trackDetail->ticketURL . $trackDetail->extraParameters;
188     } else {
189         $booking_url = null;
190     }
191
192     // compatibility patch for older 3rd party apps
193     if ($means === 'bdo_angkot' && $version < 3) {
194         $means = 'angkot';
195     }
196     if (!is_null($humanreadable)) {
197         $route_output[] = array($means, $means_detail, $points, $humanreadable, $booking_url);
198     }
199 }
200 $routing_result['steps'] = $route_output;
201 $routing_result['traveltime'] = $this->Api_model->formatTravelTime($travel_time);
202 $routing_results[] = $routing_result;
203 }
204
205 //input log statistic
206 $this->Logging_model->logStatistic($apikey, 'FINDROUTE', "$start/$finish/" . sizeof($results));
207
208 if (!is_null($version) && $version >= 2) {

```

```

209         $json_output = array(
210             'status' => 'ok',
211             'routingresults' => $routing_results
212         );
213     } else {
214         $json_output = array(
215             'status' => 'ok',
216             'routingresult' => $routing_results[0]['steps'],
217             'traveltime' => $routing_results[0]['traveltime']
218         );
219     }
220     $this->Api_model->outputJson($json_output);
221 }
222
223 public function _searchplace($version, $apikey)
224 {
225     $querystring = $this->Api_model->getInput('querystring');
226     $region = $this->Api_model->getInput('region', $version >= 2);
227     $region = is_null($region) ? 'bdo' : $region;
228
229     // Check if there is region modifier from the query string
230     $regions = $this->config->item('regions');
231     foreach ($regions as $key => $value) {
232         if (preg_match('/' . $value['searchplace_regex'] . '/i', $querystring, $matches, PREG_OFFSET_CAPTURE)) {
233             $region = $key;
234             $querystring = substr($querystring, 0, $matches[0][1]);
235             break;
236         }
237     }
238
239     $querystring = urlencode($querystring);
240     $cached_searchplace = $this->Cache_model->get('searchplace', "$region/$querystring");
241     if (!is_null($cached_searchplace)) {
242         $json_output = json_decode($cached_searchplace, true);
243         $this->Logging_model->logStatistic("$apikey", "SEARCHPLACE", "$querystring/cache");
244     } else {
245         $city_lat = $regions[$region]['lat'];
246         $city_lon = $regions[$region]['lon'];
247         $city_radius = $regions[$region]['radius'];
248         $full_url = $this->config->item('url-searchplace') . '?key=' . $this->config->item('google-server-key') . "&input=" .
249                     $querystring&inputtype=textquery&locationbias=circle:$city_radius@$city_lat,$city_lon&fields=name,geometry";
250         $result = file_get_contents($full_url);
251         if ($result === FALSE) {
252             throw new Exception("There's an error while reading the places response ($full_url).");
253         }
254
255         $json_result = json_decode($result, true);
256         if ($json_result['status'] === 'OK' || $json_result['status'] === 'ZERO_RESULTS') {
257             $search_result = array();
258             if ($json_result['status'] === 'ZERO_RESULTS') {
259                 $this->Logging_model->logError("Place_search_not_found: \"$querystring\"");
260                 $size = 0;
261             } else {
262                 $size = min(sizeof($json_result['candidates']), $this->config->item('searchplace-maxresult'));
263             }
264             for ($i = 0; $i < $size; $i++) {
265                 $current_venue = $json_result['candidates'][$i];
266                 $search_result[$i]['placename'] = $current_venue['name'];
267                 $search_result[$i]['location'] = sprintf(
268                     '%.5f,.5f',
269                     $current_venue['geometry']['location']['lat'],
270                     $current_venue['geometry']['location']['lng']
271                 );
272             }
273             $json_output = array(
274                 'status' => 'ok',
275                 'searchresult' => $search_result,
276                 'attributions' => isset($json_result['html_attributions']) ? $json_result['html_attributions'] : []
277             );
278
279             //input log statistic
280             $this->Logging_model->logStatistic("$apikey", "SEARCHPLACE", "$querystring/$size");
281             // Store to cache
282             if ($size > 0) {
283                 $this->Cache_model->put('searchplace', "$region/$querystring", json_encode($json_output));
284             }
285         } else {
286             throw new Exception('Place_Search_returned_error: ' . $json_result['status'] . "(for this request: $full_url)");
287         }
288     }
289     $this->Api_model->outputJson($json_output);
290 }
291
292 public function _nearbytransports($version, $apikey)
293 {
294     $start = $this->Api_model->getInput('start');
295     if ($version >= 2) {
296         $lines = explode("\n", file_get_contents($this->config->item('url-menjangan') . "/?start=$start"));
297         $nearby_result = array();
298         foreach ($lines as $line) {
299             if (strlen(trim($line)) === 0) {
300                 continue;
301             }
302             list($trackTypeId, $trackId, $distance) = explode("/", $line);
303             $trackDetail = $this->Api_model->getTrackDetails($trackTypeId, $trackId);
304             $nearby_result[] = array(
305                 $trackTypeId,
306                 $trackId,
307                 $trackDetail->trackName,
308             );
309         }
310     }
311 }

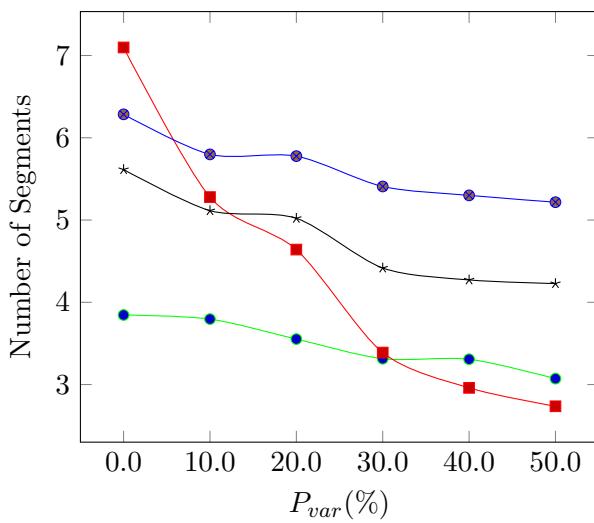
```

```
307             $distance
308         );
309     }
310     usort($nearby_result, "_nearbytransports_result_compare");
311     $this->Logging_model->logStatistic($apikey, "NEARBYTRANSPORTS", "$start/" . sizeof($nearby_result));
312     $json_output = array(
313         'status' => 'ok',
314         'nearbytransports' => $nearby_result
315     );
316     $this->Api_model->outputJson($json_output);
317 } else {
318     throw new Exception("400_Nearby_transit_is_not_supported_in_version_1._Use_higher_version");
319 }
320 }
321 }
322 /**
323 * A sorting comparison function to be used in nearby transports
324 * @param array $a an array, where index 3 is the distance
325 * @param array $b an array, where index 3 is the distance
326 * @return number as in usort() spec
327 */
328 function _nearbytransports_result_compare($a, $b)
329 {
330     if ($a[3] > $b[3]) {
331         return +1;
332     } elseif ($a[3] < $b[3]) {
333         return -1;
334     } else {
335         return 0;
336     }
337 }
```

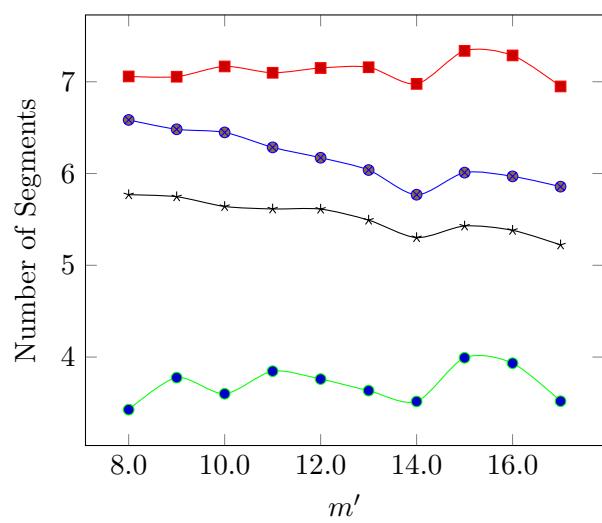
LAMPIRAN B

HASIL EKSPERIMENT

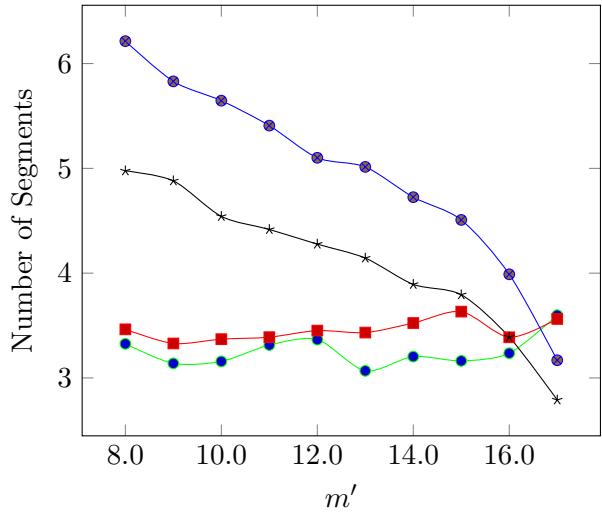
Hasil eksperimen berikut dibuat dengan menggunakan TIKZPICTURE (bukan hasil excel yg diubah ke file bitmap). Sangat berguna jika ingin menampilkan tabel (yang kuantitasnya sangat banyak) yang datanya dihasilkan dari program komputer.



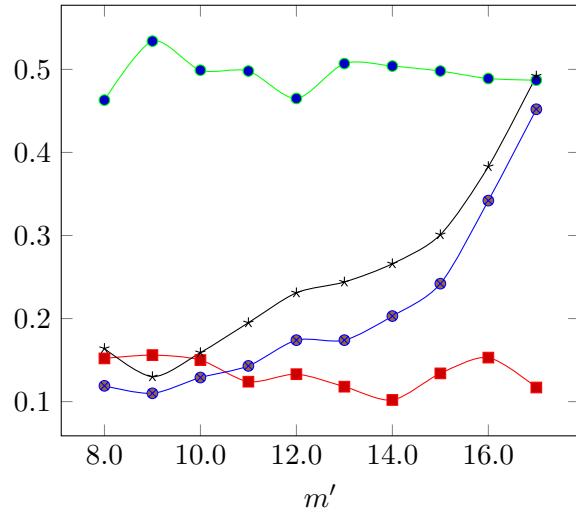
Gambar B.1: Hasil 1



Gambar B.2: Hasil 2



Gambar B.3: Hasil 3



Gambar B.4: Hasil 4