

OAJIS

Open Access
Journal of
Information
Systems

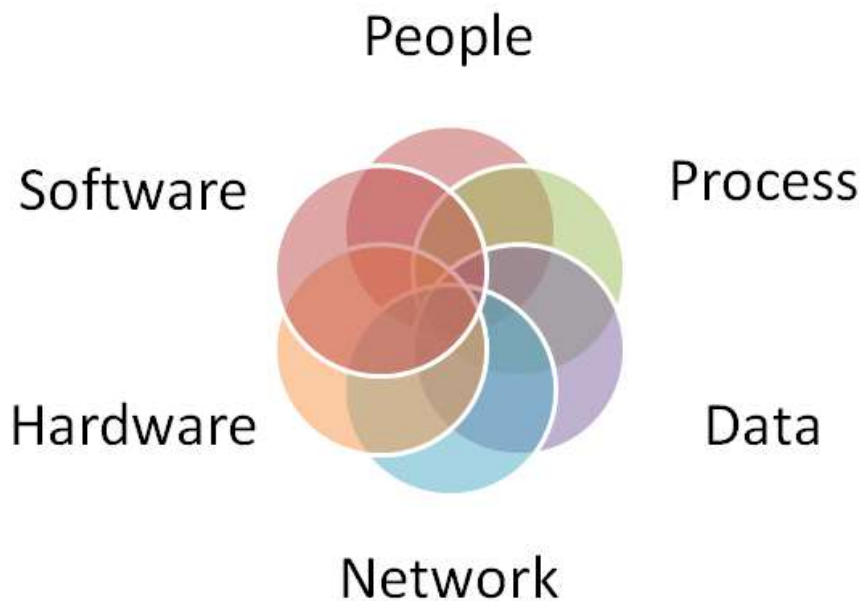
is.its.ac.id/pubs/oajis/

ISSN 1979-3979



jurnal sisfo

Inspirasi Profesional Sistem Informasi





Pimpinan Redaksi

Eko Wahyu Tyas Darmaningrat

Dewan Redaksi

Amna Shifia Nisafani

Arif Wibisono

Faizal Mahananto

Rully Agus Hendrawan

Tata Pelaksana Usaha

Achmad Syaiful Susanto

Rini Ekowati

Sekretariat

Departemen Sistem Informasi – Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) – Surabaya
Telp. 031-5999944 Fax. 031-5964965
Email: editor@jurnalsisfo.org
Website: <http://jurnalsisfo.org>

Jurnal SISFO juga dipublikasikan di *Open Access Journal of Information Systems* (OAJIS)

Website: <http://is.its.ac.id/pubs/oajis/index.php>

**Mitra Bestari**

Ahmad Mukhlason, S.Kom, M.Sc, Ph.D (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Dr. Darmawan Napitupulu, S.T, M.Kom (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

Faizal Johan Atletiko, S.Kom, M.T (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Ir. Dana Indra Sensuse, MLIS, Ph.D (Universitas Indonesia)

Nur Aini Rakhmawati, Ph.D (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Nurul Khaqiqi, S.Pi, M.P (Laboratorium Perikanan Banyuwangi)

Radityo Prasetyanto.W, S.Kom, M.Kom (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Retno Aulia Vinarti, S.Kom, M.Kom (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Rully Agus Hendrawan, S.Kom, M.Eng (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Satria Fadil Persada, S.Kom, M.BA, Ph.D (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D (Universitas Brawijaya)



Daftar Isi

Evaluasi Kualitas Proses Rekayasa Kebutuhan *Knowledge Acquisition in Automated Specification* Menggunakan Model *Concern of Requirement Engineering*

Fransiskus Adikara71

Klasifikasi Data Twitter Pelanggan Berdasarkan Kategori myTelkomsel Menggunakan Metode *Support Vector Machine* (SVM)

Sila Prayoginingsih, Renny Pradina Kusumawardani83

Identifikasi Permasalahan Implementasi Arsitektur Enterprise di Tiga Instansi Pemerintah Daerah

Khakim Ghozali99

Manajemen Risiko Kualitas Pada Rantai Pasok Industri Pengolah Hasil Laut Skala Menengah

Dewanti Anggrahini, Putu Dana Karningsih, Riskyta Yuniasri121

Implementasi dan Perbandingan Metode *Iterative Deepening Search* dan *Held-Karp* pada Manajemen Pengiriman Produk

I Gede Surya Rahayuda, Ni Putu Linda Santiari131

Rancang Bangun Sistem Informasi Kurikulum 2013 Tingkat Sekolah Dasar Berbasis Web dengan SDLC *Waterfall*

Susilo Veri Yulianto, Ardian Prima Atmaja149

Rancang Bangun Aplikasi Koperasi Simpan Pinjam dengan Metode *Viewpoint Oriented Requirement Definition*

Alvisha Farrasita Istifani, Sholiq165

Halaman ini sengaja dikosongkan



Implementasi dan Perbandingan Metode Iterative Deepening Search dan Held-Karp pada Manajemen Pengiriman Produk

I Gede Surya Rahayuda^{a,*}, Ni Putu Linda Santiari^b

^aProgram Studi Sistem Informasi, STMIK STIKOM Bali

^bProgram Studi Manajemen Informatika, STMIK STIKOM

Abstract

Good delivery route determination is required to make savings, both in terms of time, mileage and cost. To determine good delivery route, this study implemented the pathfinding method. The program is created in two forms, the first form is using Iterative Deepening Search while the second form is using Karp Held. Sampel data used in this study is addresses of each place that frequently visited in product shipping. In addition, data of mileage, time and cost required on each trip also included. Data tes that used in this study are some addresses or locations that might be visited on product shipping. Data tests are tested on Held-Karp program and also on Iterative Deepening Search. From the experiments, the result show that Held-Karp method can determine better delivery route compared to Iterative Deepening Search. Total difference of Iterative Deepening Search and Held-Karp methods based on distance is 11,35 km, based on time is 27 minutes, and based on cost is 12,051 IDR. Overall, the difference of both methods is 19,66%.

Keywords: Held-Karp, Iterative Deepening Search, Visual Basic, Pathfinding, SQL

Abstrak

Pada pesanan dalam jumlah banyak, penentuan rute pengiriman yang baik diperlukan untuk penghematan, baik dari segi waktu, jarak tempuh dan juga biaya. Untuk menentukan rute pengiriman yang baik, pada penelitian akan dilakukan implementasi penentuan jalur terpendek. Program dibuat dalam 2 form, form pertama diimplementasikan menggunakan metode Iterative Deepening Search dan form kedua menggunakan Held-Karp. Data sampel berupa alamat tiap tempat yang sering dikunjungi dalam pengiriman produk dan data tes adalah beberapa alamat yang mungkin akan dikunjungi. Dari ujicoba yang dilakukan didapatkan hasil bahwa metode Held-Karp dapat menentukan rute pengiriman yang lebih baik dibandingkan dengan metode Iterative Deepening Search. Rata-rata selisih dari kedua metode berdasarkan jarak adalah sebesar 11,35 km, berdasarkan waktu sebesar 27 menit, dan berdasarkan biaya sebesar Rp. 12,051. Selisih secara keseluruhan dari kedua metode tersebut adalah sebesar 19,66%.

Kata kunci: Held-Karp, Iterative Deepening Search, Visual Basic, Pathfinding, SQL

© 2018 Jurnal SISFO.

Histori Artikel: Disubmit 2 Januari 2018; Diterima 22 Januari 2018; Tersedia online 25 Januari 2018

* Corresponding Author

Email address: surya_rahayuda@stikom-bali.ac.id (I Gede Surya Rahayuda)

1. Pendahuluan

Pengiriman produk merupakan hal yang wajib dilakukan dalam dunia perdagangan. Sebuah perusahaan yang menjual suatu produk akan memerlukan sebuah divisi dalam perusahaan untuk menangani permasalahan pengiriman produk. Saat ini banyak perusahaan menggunakan *website* sebagai media promosi. Selain sebagai media promosi, *website* juga digunakan untuk alat pembelian, transaksi pembayaran dan juga pemesanan produk. Dengan adanya pemesanan produk, maka perusahaan, toko atau usaha dagang wajib melakukan pengiriman produk. Pengiriman produk akan menjadi suatu hal yang rumit jika terdapat banyak pesanan dalam suatu waktu yang sama. Misal jika terdapat 40 pesanan dalam 1 hari, petugas pengiriman produk akan kesulitan untuk menentukan rute pengiriman. Penentuan rute pengiriman dapat dilakukan secara manual, namun cenderung akan terjadi kesalahan penentuan rute dan mengakibatkan pengeluaran biaya transportasi yang besar. Waktu yang cukup lama, dan total jarak tempuh yang cukup jauh [1, 2].

Permasalahan tersebut melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian mengenai metode atau algoritma yang dapat digunakan untuk menentukan jalur terdekat. Berdasarkan beberapa literatur yang dibaca, penulis memilih menggunakan metode *Held-Karp* dan metode *Iterative Deepening Search*. Dimana kedua metode tersebut akan dipelajari dan diimplementasikan menjadi suatu program yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman *visual basic* dengan *platform* Visual Studio 2017. Kedua metode tersebut akan diteliti dan dibandingkan berdasarkan proses dan hasil yang didapatkan. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan melakukan observasi lapangan untuk mendapatkan data sampel dan data tes, dimana data tersebut akan digunakan sebagai data yang diproses menggunakan metode *Held-Karp* dan metode *Iterative Deepening Search* [3, 4]. Rute hasil dari kedua metode tersebut akan dibandingkan, agar didapatkan kelebihan dan kekurangan dari tiap metode yang digunakan.

Terdapat beberapa permasalahan yang akan dihadapi pada saat melakukan penelitian, yang pertama adalah bagaimana mengumpulkan berbagai referensi teori mengenai pengiriman produk, metode *Held-Karp* dan metode *Iterative Deepening Search*. Untuk metode *Iterative Deepening Search* lebih mudah mencari referensinya dibandingkan dengan metode *Held-Karp*. Permasalahan yang kedua adalah bagaimana melakukan observasi lapangan dan mengumpulkan data yang dapat digunakan untuk melakukan penelitian. Observasi dilakukan ke beberapa toko, observasi dilakukan dengan cara meninjau lokasi dan mencatat alamat dari toko tersebut. Pendataan juga dilakukan dengan menggunakan *google map*. *Google map* digunakan untuk mengukur jarak tempuh dari satu titik lokasi ke lokasi lainnya. Bagaimana agar data hasil observasi tersebut dapat digunakan pada penelitian, dan dapat menghasilkan hasil yang dapat menggambarkan perbedaan dari proses metode *Iterative Deepening Search* dan *Held-Karp*. Permasalahan yang ketiga adalah bagaimana mengimplementasikan metode *Held-Karp* dan metode *Iterative Deepening Search* menjadi suatu program menggunakan Visual Studio 2017 dengan bahasa pemrograman *visual basic*. Bagaimana agar teori yang dipelajari berupa persamaan, *pseudocode*, modul mengenai metode *Held-Karp* dan *Iterative Deepening Search* dapat dimengerti dan diimplementasikan dalam bentuk kode atau *script* bahasa pemrograman. Langkah awal yang dilakukan adalah mencoba mengimplementasikan metode menjadi program sederhana dalam bentuk *console*. Jika dirasa hasil percobaan yang dilakukan sudah benar, kemudian dilanjutkan dengan memindahkan modul pemrograman dari kedua metode tersebut, dan mulai membangun program menggunakan *form* atau pemrograman visual. Permasalahan yang terakhir adalah bagaimana cara untuk membandingkan hasil dari kedua metode tersebut agar dapat diketahui kelebihan dan kekurangan dari tiap metode.

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian adalah untuk mengimplementasikan metode pencarian jalur menjadi sebuah program yang dapat digunakan untuk menentukan jalur tercepat, sehingga didapatkan biaya terendah yang harus dikeluarkan dan lebih mendalami mengenai metode yang umumnya digunakan pada bidang ilmu teknologi informatika khususnya pada bidang ilmu struktur data.

2. Metode Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, urutan alur penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah sebagai berikut: 1) Studi literatur; 2) Observasi lapangan; 3) Pengumpulan data, terdiri dari data sampel dan data tes; 4) Pengolahan data, dengan menggunakan metode *Held-Karp* dan *Iterative Deepening Search*; 5) Perbandingan hasil penelitian.

2.1 Studi Literatur

Penelitian diawali dengan melaksanakan studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan mencari, mengumpulkan dan mempelajari semua teori dan materi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan [5]. Beberapa materi yang terkait dengan penelitian yang dilakukan antara lain manajemen pengiriman produk, metode pencarian jalur (*pathfinding*), metode *Held-Karp*, metode *Iterative Deepening Search*, pemrograman menggunakan bahasa *visual basic*, dan pemrograman menggunakan *Visual Studio 2017*.

2.2 Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan dengan cara melakukan survey pada sebuah toko retail yang melakukan usaha penyimpanan dan pendistribusian tabung gas 50 kg. Survey juga dilakukan ke beberapa tempat yang umumnya sering dikunjungi sebagai tempat pengiriman produk tersebut. Umumnya tabung gas 50 kg sering digunakan pada restoran, toko, warung, hotel dan usaha lainnya. Observasi dilakukan dengan mencatat alamat semua tempat tersebut. Jarak yang diukur adalah jarak antara toko yang satu ke toko lainnya. Titik yang digunakan adalah titik pada depan toko yang berdekatan dengan jalan, atau tempat perhentian mobil atau kendaraan yang digunakan untuk mengantarkan gas tersebut.

2.3 Pengumpulan Data

Setelah dilakukan observasi lapangan diperoleh data alamat dari semua lokasi, baik lokasi toko tempat awal pengiriman produk maupun semua toko langganan yang umumnya sering dikunjungi dalam proses pengiriman produk. Alamat awal dan alamat beberapa tempat lokasi pengiriman diukur jarak, waktu dan biaya tempuh yang diperlukan. Pengukuran tersebut dilakukan menggunakan program pengukuran jarak seperti *google maps* dan program lainnya. Mengenai biaya yang diperlukan pada tiap perjalanan dari satu alamat ke alamat lainnya dihitung dan disesuaikan dengan jarak yang ditempuh. Dimisalkan biaya yang diperlukan untuk 8 km adalah 1 liter. Dimana harga satu liter premium adalah Rp. 8.150,00. Kendaraan yang digunakan adalah mobil *Suzuki Carry Pick Up*. Persamaan 1 berikut digunakan untuk menghitung biaya yang diperlukan pada setiap perjalanan.

$$\text{biaya} = \frac{\text{jarak}}{8 \text{ km}} \times \text{Rp. 8.150,00} \quad (1)$$

Data tersebut akan dikumpulkan menjadi data sampel. Untuk data tes, data yang digunakan berupa beberapa data pesanan yang mungkin akan terjadi. Misalkan terdapat sebanyak 100 pemesanan, dimana pesanan tersebut akan dikirimkan sebanyak 5 pesanan dalam sehari, maka nantinya akan terdapat 20 hari proses pengiriman.

2.4 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan metode *Held-Karp* dan juga metode *Iterative Deepening Search*. Data tes berupa rute perjalanan pengiriman produk diproses menggunakan kedua metode tersebut dan akan didapatkan hasil berupa jarak terdekat, waktu tersingkat dan juga biaya terendah yang harus dikeluarkan

saat melakukan perjalanan. Kedua metode tersebut diimplementasikan menjadi sebuah program menggunakan *platform microsoft Visual Studio 2017* dan bahasa pemrograman *visual basic* [6, 7]. Metode *Held-Karp* sangat cocok diterapkan pada kasus pengiriman produk, karena metode *Held-Karp* dapat menghitung proses dari awal keberangkatan sampai akhir titik tujuan dan metode *Held-Karp* juga menghitung jarak kembali dari titik akhir ke titik awal [8, 9]. Untuk perbandingan metode, penulis memilih menggunakan metode *Iterative Deepening Search* karena metode tersebut memiliki kemiripan proses perhitungan dengan metode *Held-Karp* dan memiliki kesamaan dalam penggunaan matrik untuk menyimpan data yang akan diproses [10, 11].

1) Metode *Held-Karp*

Algoritma *Held-Karp*, atau yang sering disebut dengan algoritma *Bellman Held-Karp* [8, 12] merupakan suatu algoritma pemrograman dinamis yang diperkenalkan secara independen oleh Bellman, Held dan Karp pada tahun 1962 [4, 13]. Metode *Held-Karp* umumnya digunakan untuk mengatasi permasalahan pencarian jalur terdekat, contohnya pada perjalanan salesman atau pada perjalanan wisata [14, 15]. Contoh cara perhitungan dari metode *Held-Karp*, dimisalkan terdapat matrik jarak:

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 9 & 10 \\ 1 & 0 & 6 & 4 \\ 15 & 7 & 0 & 8 \\ 6 & 3 & 12 & 10 \end{pmatrix}$$

Deskripsi fungsi:

- $g(x, S)$: dimulai dari 1, biaya min jalur berakhir pada simpul x , melewati simpul pada himpunan S tepat satu kali
- c_{xy} : biaya tepi berakhir pada x dari y
- $p(x, S)$: simpul kedua sampai terakhir ke x dari himpunan S , digunakan untuk membangun jalur TSP kembali di akhir [16].

$k = 0$, null set:

$$\begin{aligned} \text{Set } \emptyset: \quad g(2, \emptyset) &= c_{21} = 1 \\ g(3, \emptyset) &= c_{31} = 15 \\ g(4, \emptyset) &= c_{41} = 6 \end{aligned}$$

$k = 1$, pertimbangkan set dari 1 elemen:

$$\begin{aligned} \text{Set } \{2\}: \quad g(3, \{2\}) &= c_{32} + g(2, \emptyset) = c_{32} + c_{21} = 7 + 1 = 8 & p(3, \{2\}) &= 2 \\ g(4, \{2\}) &= c_{42} + g(2, \emptyset) = c_{42} + c_{21} = 3 + 1 = 4 & p(4, \{2\}) &= 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Set } \{3\}: \quad g(2, \{3\}) &= c_{23} + g(3, \emptyset) = c_{23} + c_{31} = 6 + 15 = 21 & p(2, \{3\}) &= 3 \\ g(4, \{3\}) &= c_{43} + g(3, \emptyset) = c_{43} + c_{31} = 12 + 15 = 27 & p(4, \{3\}) &= 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Set } \{4\}: \quad g(2, \{4\}) &= c_{24} + g(4, \emptyset) = c_{24} + c_{41} = 4 + 6 = 10 & p(2, \{4\}) &= 4 \\ g(3, \{4\}) &= c_{34} + g(4, \emptyset) = c_{34} + c_{41} = 8 + 6 = 14 & p(3, \{4\}) &= 4 \end{aligned}$$

$k = 2$, pertimbangkan set dari 2 elemen:

$$\begin{aligned} \text{Set } \{2,3\}: \quad g(4, \{2,3\}) &= \min \{c_{42} + g(2, \{3\}), c_{43} + g(3, \{2\})\} = \min \{3+21, 12+8\} = \min \{24, 20\} = 20 \\ p(4, \{2,3\}) &= 3 \end{aligned}$$

Set {2,4}: $g(3,\{2,4\}) = \min \{c_{32} + g(2,\{4\}), c_{34} + g(4,\{2\})\} = \min \{7+10, 8+4\} = \min \{17, 12\} = 12$
 $p(3,\{2,4\}) = 4$

Set {3,4}: $g(2,\{3,4\}) = \min \{c_{23} + g(3,\{4\}), c_{24} + g(4,\{3\})\} = \min \{6+14, 4+27\} = \min \{20, 31\} = 20$
 $p(2,\{3,4\}) = 3$

Panjang perjalanan yang optimal:

$f = g(1,\{2,3,4\}) = \min \{c_{12} + g(2,\{3,4\}), c_{13} + g(3,\{2,4\}), c_{14} + g(4,\{2,3\})\}$
 $= \min \{2 + 20, 9 + 12, 10 + 20\} = \min \{22, 21, 30\} = 21$

Penerus node 1: $p(1, \{2,3,4\}) = 3$

Penerus node 3: $p(3, \{2,4\}) = 4$

Penerus node 4: $p(4, \{2\}) = 2$

Rute yang optimal: $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ [17]

2) Metode *Iterative Deepening Search*

```
function algorithm TSP (G, n)
  for k := 2 to n do
    C({k}, k) := dk,k
  end for

  for s := 2 to n-1 do
    for all S ⊆ {2, . . . , n}, |S| = s do
      for all k ∈ S do
        C(S, k) = minm ∈ S [C(S - {k}, m) + dm,k]
      end for
    end for
  end for

  opt := mink ∈ {2, 3, . . . , n} [C({2, 3, . . . , n}, k) + dk,1}]
  return (opt)
end
```

(a)

```
function IDDFS(root)
  for depth from 0 to ∞
    found ← DLS(root, depth)
    if found ≠ null
      return found

function DLS(node, depth)
  if depth = 0 and node is a goal
    return node
  if depth > 0
    foreach child of node
      found ← DLS(child, depth-1)
      if found ≠ null
        return found
  return null
```

(b)

Gambar 1 (a) Pseudocode metode *Held-Karp*; (b) Pseudocode metode *Iterative Deepening Search*

Dalam ilmu komputer *Iterative Deepening Search* sering disebut dengan *Iterative Deepening Depth First Search*. *Iterative Deepening Search* atau *Iterative Deepening Depth First Search* adalah satuan ruang atau strategi pencarian grafik di mana merupakan versi batasan kedalaman dari *Depth First Search* yang dijalankan berulang kali dengan batas kedalaman yang meningkat sampai tujuan ditemukan. *Iterative Deepening Search* merupakan metode yang menggabungkan kelebihan metode *Bread First Search* dengan kelebihan yang dimiliki oleh metode *Depth First Search* [18, 19].

3. Hasil Penelitian

Dari observasi lapangan dan pengumpulan data didapatkan hasil berupa data sampel dan data tes. Untuk lokasi awal pengiriman atau toko retail penjualan gas 50 kg berada pada alamat Jalan Bedahulu, Denpasar. Untuk memudahkan pencarian pada *Google maps*, toko retail berada pada alamat Jalan Gatot Subroto, Denpasar. Terdapat beberapa tempat yang sering dikunjungi sebagai tempat pengiriman produk. Terdapat sebanyak 20 tempat atau lokasi pengiriman produk. Dimana data alamat tersebut telah diukur dan ditentukan jarak yang ditempuh untuk tiap lokasi. Pengukuran dilakukan untuk memudahkan proses penentuan jalur terdekat nantinya pada pengolahan data menggunakan metode *Held-Karp* ataupun *Iterative Deepening Search*. Data tersebut akan digunakan sebagai data sampel. Beberapa data sampel yang akan digunakan terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data sampel (*list_toko*)

No	Kode Toko	Alamat	
1	B0001	Jl. Gatot Subroto	Jl. Bedahulu No. 14, Gatsu Tengah
2	B0002	Jl. Pemuda	Jl. Pemuda No.6, Renon
3	B0003	Jl. Siligita	Jl. Siligita No.8X, Benoa
4	B0004	Jl. Pendidikan	Jl. Pendidikan No.55, Sidakarya
5	B0005	Jl. Sidakarya	Jl. Sidakarya 125, No. 1, Sidakarya
6	B0006	Jl. Raya Pemogan	Jl. Raya Pemogan No. 661, Pemogan
7	B0007	Jl. Kebudayaan	Jl. Kebudayaan No. 1, Sidakarya
8	B0008	Jl. Raya Kesambi	Jl. Raya Kesambi No. 83, Kerobokan
9	B0009	Jl. Kebo Iwa	Jl. Kebo Iwa No.37, Padangsambian Kaja
10	B0010	Jl. Suradipa	Jl. Suradipa No.10, Peguyangan Kaja
11	B0011	Jl. Antasura	Jl. Antasura 48, Peguyangan Kangin
12	B0012	Jl. Wr. Supratman	Jl. Wr. Supratman No.63, Sumerta Kaja
13	B0013	Jl. Diponegoro	Jl. Diponegoro No. 103, Dauh Puri
14	B0014	Jl. Palapa	Jl. Palapa Raya No. 1, Sidakarya
15	B0015	Jl. Mertasari	Jl. Mertasari No. 89, Sidakarya
16	B0016	Jl. Pratama	Jl. Pratama No.6, Padangsambian Kelod
17	B0017	Jl. Tirtanadi	Jl. Tirtanadi 2 No. 1, Sanur Kauh
18	B0018	Jl. Katrangan	Jl. Katrangan No. 35, Sumerta
19	B0019	Jl. Mahendradatta	Jl. Mahendradatta No. 234, Padangsambian
20	B0020	Jl. Merdeka	Jl. Merdeka No. 1, Panjer

Data pada Tabel 1 tersebut berisi kode tempat dan alamat, yaitu terdapat sebanyak 20 tempat atau lokasi pengiriman yang akan dijadikan sebagai data sampel. Dari 20 data tersebut akan dicari jarak untuk tiap

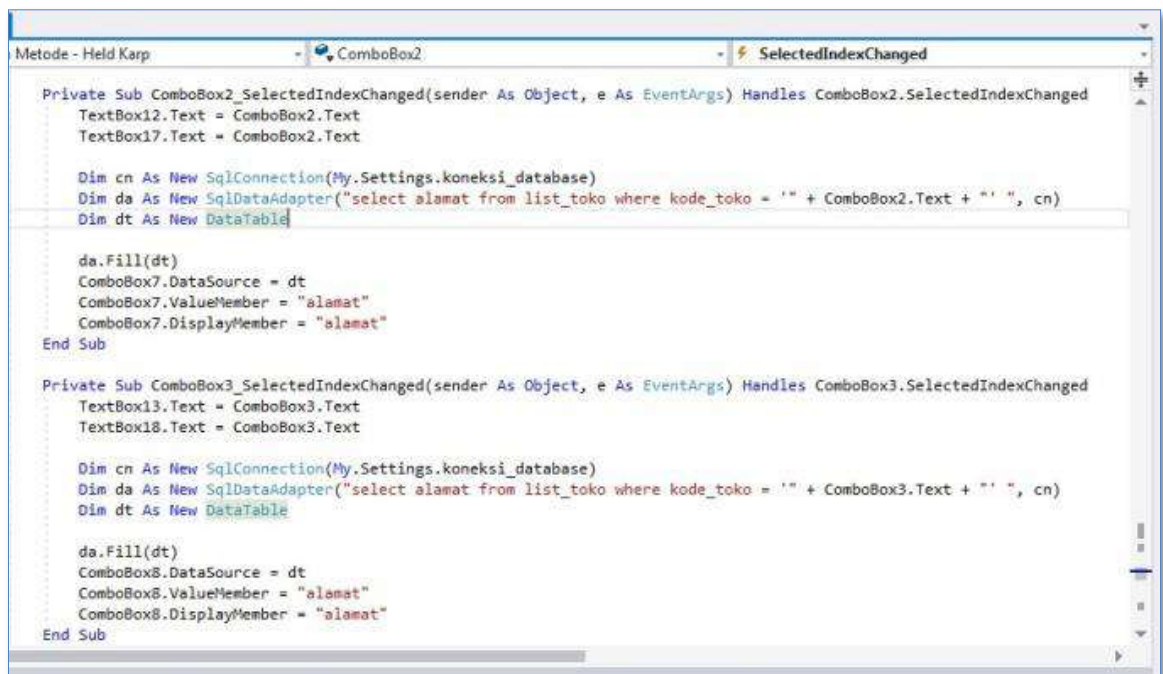
lokasi pengiriman. Setiap data tempat akan memiliki sebanyak 20 data jarak tempuh, waktu pengiriman dan juga biaya. Sehingga nantinya akan terdapat 400 data yang akan dijadikan data sampel. Beberapa data dari 400 data tersebut terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data sampel (*list_rute_kirim*)

No	Alamat Awal		Alamat Tujuan		Waktu	Jarak	Biaya
1	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Gatot Subroto	B0001	0	0	0
2	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Pemuda	B0002	16	8.2	8,354
3	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Siligita	B0003	55	30	30,563
4	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Pendidikan	B0004	37	13	13,244
5	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Sidakarya	B0005	30	12	12,225
6	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Raya Pemogan	B0006	32	12	12,225
7	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Kebudayaan	B0007	31	12	12,225
8	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Raya Kesambi	B0008	19	6.9	7,029
9	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Kebo Iwa	B0009	12	4.3	4,381
10	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Suradipa	B0010	12	4.3	4,381
11	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Antasura	B0011	13	4.3	4,381
12	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Wr. Supratman	B0012	14	4.9	4,992
13	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Diponegoro	B0013	21	6.9	7,029
14	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Palapa	B0014	33	11	11,206
15	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Mertasari	B0015	29	14	14,263
16	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Pratama	B0016	56	31	31,581
17	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Tirtanadi	B0017	29	13	13,244
18	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Katrangan	B0018	13	4.3	4,381
19	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Mahendradatta	B0019	18	5.9	6,011
20	Jl.Gatot Subroto	B0001	Jl.Merdeka	B0020	19	6.4	6,520
21	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Gatot Subroto	B0001	21	7.5	7,641
22	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Pemuda	B0002	0	0	0
23	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Siligita	B0003	37	19	19,356
24	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Pendidikan	B0004	12	4.5	4,584
25	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Sidakarya	B0005	11	4.2	4,279
26	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Raya Pemogan	B0006	21	8.1	8,252
27	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Kebudayaan	B0007	11	4.1	4,177
28	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Raya Kesambi	B0008	26	11	11,206
29	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Kebo Iwa	B0009	24	8.8	8,965
30	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Suradipa	B0010	27	10	10,188
31	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Antasura	B0011	26	10	10,188
32	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Wr. Supratman	B0012	11	4.1	4,177
33	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Diponegoro	B0013	7	3.2	3,260
34	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Palapa	B0014	14	5	5,094

No	Alamat Awal		Alamat Tujuan		Waktu	Jarak	Biaya
35	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Mertasari	B0015	17	8.2	8,354
36	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Pratama	B0016	37	20	20,375
37	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Tirtanadi	B0017	16	6.5	6,622
38	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Katrangan	B0018	12	3.9	3,973
39	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Mahendradatta	B0019	21	8.8	8,965
40	Jl.Pemuda	B0002	Jl.Merdeka	B0020	4	1.6	1,630
...
...
399	Jl.Merdeka	B0019	Jl.Mahendradatta	B0019	25	8.9	9,067
400	Jl.Merdeka	B0020	Jl.Merdeka	B0020	0	0	0

Semua data tersebut akan disimpan pada *database* menggunakan *platform SQL Server*, tabel pertama atau diberi nama **list_toko** akan digunakan pada program dan ditampilkan pada saat memilih tempat tujuan pengiriman. Sedangkan tabel kedua atau diberi nama **list_rute_kirim**, akan digunakan untuk menentukan jarak, waktu dan biaya, setelah semua rute awal dan tujuan ditentukan. Pada pemrograman akan digunakan perintah: **if – else** dan juga *query SQL*: **select jarak from list_rute_kirim where alamat awal = “ ... “ && alamat akhir = “ ... “**.



Gambar 2 Contoh script program pilih rute kirim pada Visual Studio 2017

Setelah menentukan data sampel dan menyimpan pada *database*, selanjutnya ditentukan data tes yang akan digunakan. Data tes yang digunakan adalah beberapa lokasi pengiriman yang dipilih secara *random*. Dimana tempat atau lokasi tersebut merupakan data yang telah disimpan pada *tabel list_toko*. Pada program yang dibuat nantinya akan terdapat sebanyak 5 rute pengiriman dalam 1 hari. Misalnya terdapat

sebanyak 100 pesanan yang harus dikirimkan. Maka akan terdapat sebanyak 20 hari proses pengiriman produk, seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data tes

Hari Pengiriman	Rute Pengiriman – Kode Toko				
	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Rute 4	Rute 5
Hari 01 – P01	B0001	B0015	B0011	B0007	B0018
Hari 02 – P02	B0001	B0016	B0012	B0008	B0019
Hari 03 – P03	B0001	B0017	B0013	B0009	B0020
Hari 04 – P04	B0001	B0018	B0014	B0010	B0002
Hari 05 – P05	B0001	B0019	B0015	B0011	B0003
Hari 06 – P06	B0001	B0020	B0016	B0012	B0004
Hari 07 – P07	B0001	B0002	B0017	B0013	B0005
Hari 08 – P08	B0001	B0003	B0018	B0014	B0006
Hari 09 – P09	B0001	B0004	B0019	B0015	B0007
Hari 10 – P10	B0001	B0005	B0020	B0016	B0008
Hari 11 – P11	B0001	B0006	B0002	B0017	B0009
Hari 12 – P12	B0001	B0007	B0003	B0018	B0010
Hari 13 – P13	B0001	B0008	B0004	B0019	B0011
Hari 14 – P14	B0001	B0009	B0005	B0020	B0012
Hari 15 – P15	B0001	B0010	B0006	B0002	B0013
Hari 16 – P16	B0001	B0011	B0007	B0003	B0014
Hari 17 – P17	B0001	B0012	B0008	B0004	B0015
Hari 18 – P18	B0001	B0013	B0009	B0005	B0002
Hari 19 – P19	B0001	B0014	B0010	B0006	B0003
Hari 20 – P20	B0001	B0015	B0011	B0007	B0004

Form1

Metode Iterative Deepening Search

No Rute

Kode Toko

Alamat

Rute 1:

80001

Jl.Gatot Subroto

Rute 2:

80015

Jl.Mertasari

Rute 3:

80011

Jl.Antasura

Rute 4:

80007

Jl.Kebudayaan

Rute 5:

80018

Jl.Katragenan

Biaya Minimum

Rp. 61025

Jarak Minimum

60 Km

Waktu Minimum

134 menit

Rute Hasil:

Rute 1 : 80001 : Jl.Gatot Subroto

Rute 2 : 80018 : Jl.Katragenan

Rute 3 : 80007 : Jl.Kebudayaan

Rute 4 : 80011 : Jl.Antasura

Rute 5 : 80015 : Jl.Mertasari

Rute 6 : 80001 : Jl.Gatot Subroto

80001 -> 80018 -> 80007 -> 80011 -> 80015 -> 80001

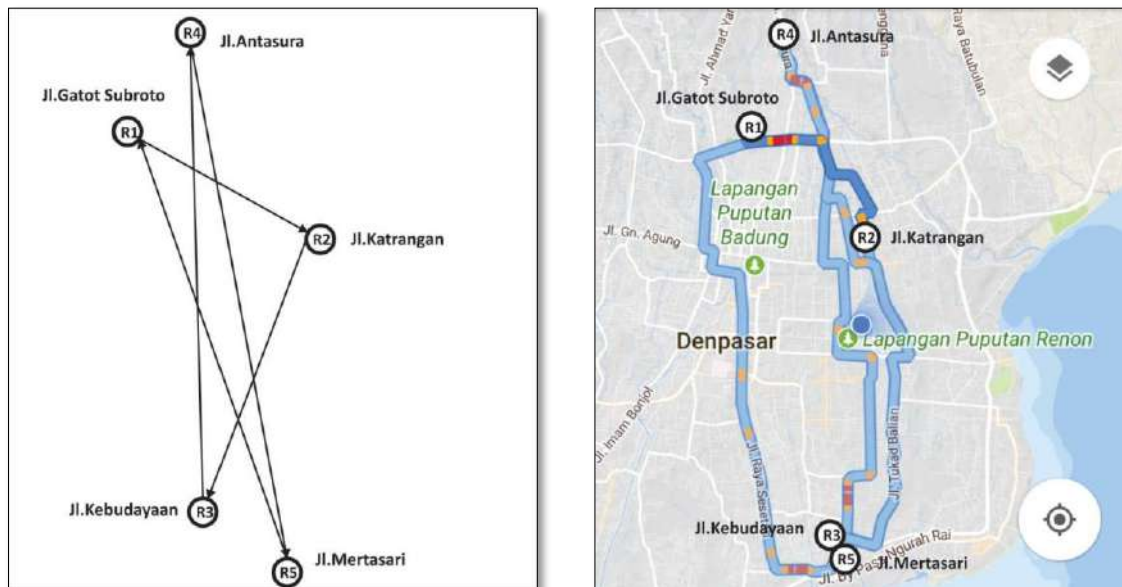
Matrik Jarak

X / Y	80001	80015	80011	80007	80018
80001	0	14	4.3	12	4.3
80015	14	0	16	3.7	10
80011	8.6	16	0	14	6.4
80007	15	4.5	18	0	7.4
80018	4.7	8.6	6.9	7.6	0

Gambar 3 Tampilan Form 1 program pencarian jalur menggunakan metode *Iterative Deepening Search*

Gambar 4 Tampilan Form 2 program pencarian jalur menggunakan Metode *Held-Karp*

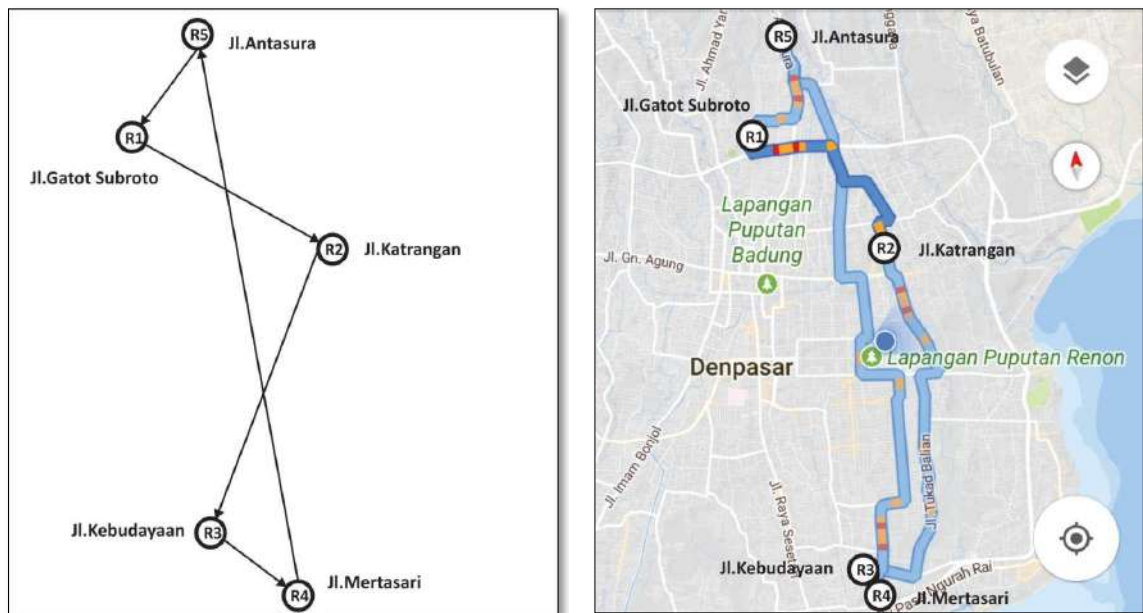
Data sampel dan data tes sudah ditentukan, selanjutnya dilakukan implementasi pembuatan program pencarian jalur menggunakan bahasa pemrograman *visual basic*. Program dibuat pada dua buah form, dimana pada form pertama diimplementasikan menggunakan metode atau algoritma *Iterative Deepening Search*. Sedangkan pada form kedua diimplementasikan menggunakan metode atau algoritma *Held-Karp*. Terdapat 5 buah *combobox* yang akan difungsikan untuk memilih lokasi atau rute yang akan ditempuh. *Combobox* 1 tidak dapat diinputkan dan digunakan sebagai rute awal, karena merupakan toko retail atau tempat awal dimana semua produk terkumpul dan akan dikirimkan ke berbagai tempat. *User* dapat memilih kode toko yang akan dijadikan tempat pengiriman, terdapat sebanyak 20 kode toko dan terdapat sebanyak 4 rute yang harus ditentukan, seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 5 Tampilan rute pengiriman P1 pada peta menggunakan metode *Iterative Deepening Search*

Ketika *user* memilih kode toko maka *textbox* disebelah kanan atau *textbox* alamat akan otomatis menampilkan alamat berdasarkan kode yang telah dipilih. Pada menu di sebelah kanan terdapat matrix, di mana *textbox* tersebut merupakan form untuk menampilkan nilai dari jarak, waktu dan biaya yang digunakan pada tiap rute pengiriman. Nilai pada form matrik tersebut akan muncul jika tombol biaya, jarak dan waktu minimum ditekan. Selain nilai matrik, dengan menekan tombol tersebut juga akan ditampilkan *list* rute terdekat yang harus ditempuh. Mulai dari rute awal dan sampai kembali lagi pada rute awal.

Rute yang diuji cobakan adalah semua rute yang telah ditentukan pada data tes. Jika diperhatikan, pada beberapa paket pengiriman yang sama. Terdapat perbedaan hasil antara metode *Held-Karp* dan juga metode *Iterative Deepening Search*. Seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Jika diilustrasikan menggunakan peta, maka akan tampak perbedaan rute tempuh yang dilalui. Seperti terlihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Terdapat perbedaan rute akhir, waktu, jarak dan biaya minimum yang digunakan. Seperti terlihat pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.



Gambar 6 Tampilan Rute Pengiriman P1 pada Peta Menggunakan Metode *Held-Karp*

Seperti terlihat pada Tabel 4, terdapat perbedaan penentuan jalur terpendek oleh tiap metode. Pada rute 1 dan rute 2 memiliki persamaan dimana tiap metode menentukan jalur yang sama yaitu pada jarak 4.3 km untuk rute 1 (B0001 – B0018) dan 7.6 km untuk rute 2 (B0018 – B0007). Sedangkan pada rute selanjutnya, metode *Held-Karp* menentukan rute 3 dengan jarak 4.5 km (B0007 – B0015) dan metode *Iterative Deepening Search* menentukan jarak 18 km (B0007 – B0011) sebagai jarak terdekat. Terlihat bahwa metode *Iterative Deepening Search* menentukan lokasi tujuan yang lebih jauh dibandingkan dengan metode *Held-Karp*. Pada penentuan jarak terdekat pada rute ke-4. Pada metode *Held-Karp* diperoleh jarak 16 km (B0015 – B0011) sedangkan pada metode *Iterative Deepening Search* didapatkan jarak 16 km (B0011 – B0015). Pada rute ke-4 didapatkan jarak yang sama namun karena awal dari rute tersebut telah berbeda, maka didapatkan rute tujuan yang berbeda. Pada rute ke-5, metode *Held-Karp* menentukan jarak 8.6 km (B0011 – B0001), sedangkan metode *Iterative Deepening Search* menentukan jarak 14 km (B0015 – B0001). Seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4, dengan perbedaan penentuan beberapa jalur, maka rute akhir pengiriman juga berbeda untuk tiap metode begitu juga dengan jarak tempuh minimum,

biaya dan waktu yang diperlukan. Semua data tes yang telah ditentukan diujicobakan pada program, baik itu menggunakan metode *Held-Karp* dan juga metode *Iterative Deepening Search*.

Tabel 4. Matrik jarak pada pengiriman P1

Metode <i>Held-Karp</i>						Metode <i>Iterative Deepening Search</i>					
Jarak	B0001	B0015	B0011	B0007	B0018	Jarak	B0001	B0015	B0011	B0007	B0018
B0001	0	14	4.3	12	4.3 ^(R1)	B0001	0	14	4.3	12	4.3 ^(R1)
B0015	14	0	16 ^(R4)	3.7	10	B0015	14 ^(R5)	0	16	3.7	10
B0011	8.6 ^(R5)	16	0	14	6.4	B0011	8.6	16 ^(R4)	0	14	6.4
B0007	15	4.5 ^(R3)	18	0	7.4	B0007	15	4.5	18 ^(R3)	0	7.4
B0018	4.7	8.6	6.9	7.6 ^(R2)	0	B0018	4.7	8.6	6.9	7.6 ^(R2)	0

Tabel 5. Matrik waktu pada pengiriman P1

Metode <i>Held-Karp</i>						Metode <i>Iterative Deepening Search</i>					
Waktu	B0001	B0015	B0011	B0007	B0018	Waktu	B0001	B0015	B0011	B0007	B0018
B0001	0	29	13	31	13 ^(R1)	B0001	0	29	13	31	13 ^(R1)
B0015	30	0	34	9 ^(R3)	22	B0015	30 ^(R5)	0	34	9	22
B0011	23 ^(R5)	33	0	38	17	B0011	23	33 ^(R4)	0	38	17
B0007	34	11	37 ^(R4)	0	21	B0007	34	11	37 ^(R3)	0	21
B0018	18	20 ^(R2)	19	21	0	B0018	18	20	19	21 ^(R2)	0

Tabel 6. Matrik biaya pada pengiriman P1

Metode <i>Held-Karp</i>						Metode <i>Iterative Deepening Search</i>					
Biaya	B0001	B0015	B0011	B0007	B0018	Biaya	B0001	B0015	B0011	B0007	B0018
B0001	0	14263	4381	12225	4381 ^(R1)	B0001	0	14263	4381	12225	4381 ^(R1)
B0015	14263	0	16300 ^(R4)	3769	10188	B0015	14263 ^(R5)	0	16300	3769	10188
B0011	8761 ^(R5)	16300	0	14263	6520	B0011	8761	16300 ^(R4)	0	14263	6520
B0007	15281	4584 ^(R3)	18338	0	7539	B0007	15281	4584	18338 ^(R3)	0	7539
B0018	4788	8761	7029	7743 ^(R2)	0	B0018	4788	8761	7029	7743 ^(R2)	0

Hasil dari semua pengujian data tes pada program menggunakan metode *Held-Karp* dan metode *Iterative Deepening Search* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Coba Data Tes pada Program Pencarian Jalur

Tabel 7: Hasil Uji Coba Data Tes pada Program Pencarian Jalur												
Paket	Rute Awal		Hasil Metode <i>Held-Karp</i>				Hasil Metode <i>Iterative Deepening Search</i>					
		Alamat		Alamat	Jarak	Waktu	Biaya		Alamat	Jarak	Waktu	Biaya
P1	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	41 Km	102 m	Rp. 41,769	1	Jl. Gatot Subroto	60 Km	134 m	Rp. 61,025
	2	Jl. Mertasari	2	Jl. Katrangan				2	Jl. Katrangan			
	3	Jl. Antasura	3	Jl. Kebudayaan				3	Jl. Kebudayaan			
	4	Jl. Kebudayaan	4	Jl. Mertasari				4	Jl. Antasura			
	5	Jl. Katrangan	5	Jl. Antasura				5	Jl. Mertasari			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto				6	Jl. Gatot Subroto			
P2	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	63 Km	129 m	Rp. 63,978	1	Jl. Gatot Subroto	70 Km	155 m	Rp. 71,109
	2	Jl. Pratama	2	Jl. Mahendradatta				2	Jl. Mahendradatta			
	3	Jl. Wr. Supratman	3	Jl. Pratama				3	Jl. Raya Kesambi			
	4	Jl. Raya Kesambi	4	Jl. Raya Kesambi				4	Jl. Wr. Supratman			
	5	Jl. Mahendradatta	5	Jl. Wr. Supratman				5	Jl. Pratama			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto				6	Jl. Gatot Subroto			
P3	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	33 Km	86 m	Rp. 34,231	1	Jl. Gatot Subroto	48 Km	124 m	Rp. 49,003
	2	Jl. Tirtanadi	2	Jl. Merdeka				2	Jl. Merdeka			
	3	Jl. Diponegoro	3	Jl. Tirtanadi				3	Jl. Kebo Iwa			
	4	Jl. Kebo Iwa	4	Jl. Diponegoro				4	Jl. Diponegoro			
	5	Jl. Merdeka	5	Jl. Kebo Iwa				5	Jl. Tirtanadi			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto				6	Jl. Gatot Subroto			
P4	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	32 Km	88 m	Rp. 33,518	1	Jl. Gatot Subroto	44 Km	129 m	Rp. 45,030
	2	Jl. Katrangan	2	Jl. Pemuda				2	Jl. Pemuda			
	3	Jl. Palapa	3	Jl. Palapa				3	Jl. Suradipa			
	4	Jl. Suradipa	4	Jl. Katrangan				4	Jl. Palapa			
	5	Jl. Pemuda	5	Jl. Suradipa				5	Jl. Katrangan			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto				6	Jl. Gatot Subroto			
P5	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	81 Km	167 m	Rp. 81,806	1	Jl. Gatot Subroto	93 Km	186 m	Rp. 94,439
	2	Jl. Mahendradatta	2	Jl. Siligita				2	Jl. Siligita			
	3	Jl. Mertasari	3	Jl. Mertasari				3	Jl. Antasura			
	4	Jl. Antasura	4	Jl. Antasura				4	Jl. Mertasari			
	5	Jl. Siligita	5	Jl. Mahendradatta				5	Jl. Mahendradatta			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto				6	Jl. Gatot Subroto			
P6	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	57 Km	123 m	Rp. 58,375	1	Jl. Gatot Subroto	78 Km	169 m	Rp. 78,750
	2	Jl. Merdeka	2	Jl. Pendidikan				2	Jl. Pendidikan			
	3	Jl. Pratama	3	Jl. Pratama				3	Jl. Wr. Supratman			
	4	Jl. Wr. Supratman	4	Jl. Merdeka				4	Jl. Pratama			
	5	Jl. Pendidikan	5	Jl. Wr. Supratman				5	Jl. Merdeka			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto				6	Jl. Gatot Subroto			
P7	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	37 Km	90 m	Rp. 37,185	1	Jl. Gatot Subroto	62 Km	137 m	Rp. 62,450
	2	Jl. Pemuda	2	Jl. Sidakarya				2	Jl. Sidakarya			
	3	Jl. Tirtanadi	3	Jl. Tirtanadi				3	Jl. Diponegoro			
	4	Jl. Diponegoro	4	Jl. Diponegoro				4	Jl. Tirtanadi			
	5	Jl. Sidakarya	5	Jl. Pemuda				5	Jl. Pemuda			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto				6	Jl. Gatot Subroto			
P8	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	55 Km	132 m	Rp. 56,031	1	Jl. Gatot Subroto	75 Km	177 m	Rp. 77,222

Paket	Rute Awal		Hasil Metode <i>Held-Karp</i>				Hasil Metode <i>Iterative Deepening Search</i>				
		Alamat	Alamat	Jarak	Waktu	Biaya	Alamat	Jarak	Waktu	Biaya	
P9	2	Jl. Siligita	2	Jl. Raya Pemogan			2	Jl. Raya Pemogan			
	3	Jl. Katrangan	3	Jl. Siligita			3	Jl. Palapa			
	4	Jl. Palapa	4	Jl. Palapa			4	Jl. Katrangan			
	5	Jl. Raya Pemogan	5	Jl. Katrangan			5	Jl. Siligita			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	38 Km	98 m	1	Jl. Gatot Subroto	51 Km	137 m	
	2	Jl. Pendidikan	2	Jl. Kebudayaan		Rp. 38,026	2	Jl. Kebudayaan		Rp. 52,262	
	3	Jl. Mahendradatta	3	Jl. Mertasari			3	Jl. Mertasari			
	4	Jl. Mertasari	4	Jl. Pendidikan			4	Jl. Mahendradatta			
P10	5	Jl. Kebudayaan	5	Jl. Mahendradatta			5	Jl. Pendidikan			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	60 Km	128 m	1	Jl. Gatot Subroto	68 Km	149 m	
	2	Jl. Sidakarya	2	Jl. Raya Kesambi		Rp. 60,208	2	Jl. Raya Kesambi		Rp. 69,071	
	3	Jl. Merdeka	3	Jl. Pratama			3	Jl. Pratama			
	4	Jl. Pratama	4	Jl. Sidakarya			4	Jl. Merdeka			
	5	Jl. Raya Kesambi	5	Jl. Merdeka			5	Jl. Sidakarya			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	37 Km	97 m	1	Jl. Gatot Subroto	66 Km	144 m	
P11	2	Jl. Raya Pemogan	2	Jl. Kebo Iwa		Rp. 38,611	2	Jl. Kebo Iwa		Rp. 67,340	
	3	Jl. Pemuda	3	Jl. Pemuda			3	Jl. Tirtanadi			
	4	Jl. Tirtanadi	4	Jl. Tirtanadi			4	Jl. Pemuda			
	5	Jl. Kebo Iwa	5	Jl. Raya Pemogan			5	Jl. Raya Pemogan			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	59 Km	133 m	1	Jl. Gatot Subroto	66 Km	140 m	
	2	Jl. Kebudayaan	2	Jl. Suradipa		Rp. 59,700	2	Jl. Suradipa		Rp. 67,238	
	3	Jl. Siligita	3	Jl. Katrangan			3	Jl. Katrangan			
	4	Jl. Katrangan	4	Jl. Kebudayaan			4	Jl. Siligita			
P12	5	Jl. Suradipa	5	Jl. Siligita			5	Jl. Kebudayaan			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	40 Km	112 m	1	Jl. Gatot Subroto	43 Km	126 m	
	2	Jl. Raya Kesambi	2	Jl. Antasura		Rp. 40,750	2	Jl. Antasura		Rp. 43,399	
	3	Jl. Pendidikan	3	Jl. Raya Kesambi			3	Jl. Mahendradatta			
	4	Jl. Mahendradatta	4	Jl. Mahendradatta			4	Jl. Pendidikan			
	5	Jl. Antasura	5	Jl. Pendidikan			5	Jl. Raya Kesambi			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	28 Km	80 m	1	Jl. Gatot Subroto	28 Km	80 m	
P13	2	Jl. Kebo Iwa	2	Jl. Wr. Supratman		Rp. 28,831	2	Jl. Wr. Supratman		Rp. 28,831	
	3	Jl. Sidakarya	3	Jl. Merdeka			3	Jl. Merdeka			
	4	Jl. Merdeka	4	Jl. Sidakarya			4	Jl. Sidakarya			
	5	Jl. Wr. Supratman	5	Jl. Kebo Iwa			5	Jl. Kebo Iwa			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	35 Km	93 m	1	Jl. Gatot Subroto	35 Km	93 m	
	2	Jl. Suradipa	2	Jl. Diponegoro		Rp. 35,860	2	Jl. Diponegoro		Rp. 35,860	
	3	Jl. Raya Pemogan	3	Jl. Pemuda			3	Jl. Pemuda			

Paket	Rute Awal		Hasil Metode <i>Held-Karp</i>				Hasil Metode <i>Iterative Deepening Search</i>				
	Alamat		Alamat	Jarak	Waktu	Biaya	Alamat		Jarak	Waktu	Biaya
P16	4	Jl. Pemuda	4	Jl. Raya Pemogan			4	Jl. Raya Pemogan			
	5	Jl. Diponegoro	5	Jl. Suradipa			5	Jl. Suradipa			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	65 Km	137 m	1	Jl. Gatot Subroto	69 Km	152 m	Rp. 69,886
	2	Jl. Antasura	2	Jl. Palapa			2	Jl. Palapa			
	3	Jl. Kebudayaan	3	Jl. Kebudayaan			3	Jl. Siligita			
P17	4	Jl. Siligita	4	Jl. Siligita			4	Jl. Kebudayaan			
	5	Jl. Palapa	5	Jl. Antasura			5	Jl. Antasura			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	42 Km	107 m	1	Jl. Gatot Subroto	42 Km	107 m	Rp. 42,788
	2	Jl. Wr. Supratman	2	Jl. Mertasari			2	Jl. Mertasari			
	3	Jl. Raya Kesambi	3	Jl. Pendidikan			3	Jl. Pendidikan			
P18	4	Jl. Pendidikan	4	Jl. Raya Kesambi			4	Jl. Raya Kesambi			
	5	Jl. Mertasari	5	Jl. Wr. Supratman			5	Jl. Wr. Supratman			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	27 Km	71 m	1	Jl. Gatot Subroto	37 Km	99 m	Rp. 38,611
	2	Jl. Diponegoro	2	Jl. Pemuda			2	Jl. Pemuda			
	3	Jl. Kebo Iwa	3	Jl. Sidakarya			3	Jl. Sidakarya			
P19	4	Jl. Sidakarya	4	Jl. Diponegoro			4	Jl. Kebo Iwa			
	5	Jl. Pemuda	5	Jl. Kebo Iwa			5	Jl. Diponegoro			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	67 Km	145 m	1	Jl. Gatot Subroto	80 Km	188 m	Rp. 81,399
	2	Jl. Palapa	2	Jl. Siligita			2	Jl. Siligita			
	3	Jl. Suradipa	3	Jl. Palapa			3	Jl. Raya Pemogan			
P20	4	Jl. Raya Pemogan	4	Jl. Raya Pemogan			4	Jl. Suradipa			
	5	Jl. Siligita	5	Jl. Suradipa			5	Jl. Palapa			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			
	1	Jl. Gatot Subroto	1	Jl. Gatot Subroto	50 Km	107 m	1	Jl. Gatot Subroto	59 Km	139 m	Rp. 62,171
	2	Jl. Mertasari	2	Jl. Pendidikan			2	Jl. Pendidikan			
	3	Jl. Antasura	3	Jl. Mertasari			3	Jl. Antasura			
	4	Jl. Kebudayaan	4	Jl. Kebudayaan			4	Jl. Kebudayaan			
	5	Jl. Pendidikan	5	Jl. Antasura			5	Jl. Mertasari			
	6	Jl. Gatot Subroto	6	Jl. Gatot Subroto			6	Jl. Gatot Subroto			

Tabel 8. Selisih Perbedaan Hasil Uji Coba pada Program Pencarian Jalur

Paket	<i>Held-Karp</i>			<i>Iterative Deepening Search</i>			Selisih Perbedaan					
	Jarak	Waktu	Biaya	Jarak	Waktu	Biaya	Jarak	%	Waktu	%	Biaya	%
P1	41 Km	102 m	Rp. 41,769	60 Km	134 m	Rp. 61,025	19 Km	32%	32 m	24%	Rp. 19,256	32%
P2	63 Km	129 m	Rp. 63,978	70 Km	155 m	Rp. 71,109	7 Km	10%	26 m	17%	Rp. 7,131	10%
P3	33 Km	86 m	Rp. 34,231	48 Km	124 m	Rp. 49,003	15 Km	31%	38 m	31%	Rp. 14,772	30%
P4	32 Km	88 m	Rp. 33,518	44 Km	129 m	Rp. 45,030	12 Km	27%	41 m	32%	Rp. 11,512	26%

Paket	<i>Held-Karp</i>			<i>Iterative Deepening Search</i>			Selisih Perbedaan					
	Jarak	Waktu	Biaya	Jarak	Waktu	Biaya	Jarak	%	Waktu	%	Biaya	%
P5	81 Km	167 m	Rp. 81,806	93 Km	186 m	Rp. 94,439	12 Km	13%	19 m	10%	Rp. 12,633	13%
P6	57 Km	123 m	Rp. 58,375	78 Km	169 m	Rp. 78,750	21 Km	27%	46 m	27%	Rp. 20,375	26%
P7	37 Km	90 m	Rp. 37,185	62 Km	137 m	Rp. 62,450	25 Km	40%	47 m	34%	Rp. 25,265	40%
P8	55 Km	132 m	Rp. 56,031	75 Km	177 m	Rp. 77,222	20 Km	27%	45 m	25%	Rp. 21,191	27%
P9	38 Km	98 m	Rp. 38,026	51 Km	137 m	Rp. 52,262	13 Km	25%	39 m	28%	Rp. 14,236	27%
P10	60 Km	128 m	Rp. 60,208	68 Km	149 m	Rp. 69,071	8 Km	12%	21 m	14%	Rp. 8,863	13%
P11	37 Km	97 m	Rp. 38,611	66 Km	144 m	Rp. 67,340	29 Km	44%	47 m	33%	Rp. 28,729	43%
P12	59 Km	133 m	Rp. 59,700	66 Km	140 m	Rp. 67,238	7 Km	11%	7 m	5%	Rp. 7,538	11%
P13	40 Km	112 m	Rp. 40,750	43 Km	126 m	Rp. 43,399	3 Km	7%	14 m	11%	Rp. 2,649	6%
P14	28 Km	80 m	Rp. 28,831	28 Km	80 m	Rp. 28,831	0 Km	0%	0 m	0%	Rp. 0	0%
P15	35 Km	93 m	Rp. 35,860	35 Km	93 m	Rp. 35,860	0 Km	0%	0 m	0%	Rp. 0	0%
P16	65 Km	137 m	Rp. 65,505	69 Km	152 m	Rp. 69,886	4 Km	6%	15 m	10%	Rp. 4,381	6%
P17	42 Km	107 m	Rp. 42,788	42 Km	107 m	Rp. 42,788	0 Km	0%	0 m	0%	Rp. 0	0%
P18	27 Km	71 m	Rp. 27,915	37 Km	99 m	Rp. 38,611	10 Km	27%	28 m	28%	Rp. 10,696	28%
P19	67 Km	145 m	Rp. 68,868	80 Km	188 m	Rp. 81,399	13 Km	16%	43 m	23%	Rp. 12,531	15%
P20	50 Km	107 m	Rp. 42,915	59 Km	139 m	Rp. 62,171	9 Km	15%	32 m	23%	Rp. 19,256	31%

Berdasarkan informasi pada Tabel 7 diketahui bahwa hampir sebagian besar hasil menyatakan bahwa metode *Held-Karp* mendapatkan hasil yang lebih baik dari pada metode *Iterative Deepening Search*. Terlihat dari hasil yang didapatkan, metode *Iterative Deepening Search* mendapatkan hasil rute pengiriman yang lebih jauh dibandingkan dengan metode *Held-Karp*. Namun pada beberapa pengiriman seperti pada pengiriman P14, P15 dan P17 didapatkan hasil yang sama. Dalam beberapa percobaan, jika rute yang ditentukan memiliki jarak yang tidak begitu jauh, maka hasil dari pencarian jalur dari metode *Held-Karp* dan *Iterative Deepening Search* akan menghasilkan jalur sama, namun jika jalur yang ditentukan memiliki jarak yang sangat berjauhan, maka metode *Held-Karp* akan menghasilkan jalur yang lebih baik dibandingkan dengan *Iterative Deepening Search*.

Data mengenai selisih hasil pencarian jalur dari metode *Held-Karp* dan metode *Iterative Deepening Search* dapat dilihat pada Tabel 8. Pada tabel tersebut terlihat bahwa terdapat selisih yang tidak begitu banyak dari kedua metode. Selisih biaya terbesar terlihat pada pengiriman P11 sebesar Rp. 28,729 atau sekitar 43%. Selisih biaya terendah terlihat pada pengiriman P14, P15 dan P17, selisih sebesar 0, atau pada pengiriman tersebut kedua metode mendapatkan hasil yang sama. Metode *Iterative Deepening Search* dan *Held-Karp* menentukan jalur yang sama pada tiap rute. Rata – rata selisih dari kedua metode berdasarkan jarak adalah sebesar 11,35 km, berdasarkan waktu sebesar 27 menit, dan berdasarkan biaya sebesar Rp. 12,051. Secara keseluruhan metode *Held-Karp* mendapatkan hasil yang lebih baik dari metode *Iterative Deepening Search*, total selisih secara keseluruhan dari kedua metode tersebut adalah sebesar 19,66 %.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan dan saran perbaikan yang dapat diambil antara lain adalah sebagai berikut.

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, implementasi metode *Held-Karp* dan metode *Iterative Deepening Search* berhasil dilakukan. Program dibuat menggunakan *platform Visual Studio 2017* dengan bahasa pemrograman *visual basic*. Rata-rata selisih kedua metode berdasarkan jarak adalah sebesar 11,35 km, berdasarkan waktu sebesar 27 menit, dan berdasarkan biaya sebesar Rp. 12,051. Total selisih secara keseluruhan dari kedua metode tersebut adalah sebesar 19,66 %. Berdasarkan percobaan yang dilakukan pada semua data tes dapat disimpulkan bahwa metode *Held-Karp* menghasilkan rute yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Iterative Deepening Search*. Penambahan jumlah rute tujuan dapat diterapkan untuk meningkatkan kualitas fungsi dari program, penambahan rute otomatis juga disarankan untuk pengembangan program. Namun berdasarkan beberapa penelitian lainnya, metode *Held-Karp* cenderung akan memerlukan waktu komputasi yang lebih lama jika rute tujuan ditambahkan, setiap penambahan 10 rute akan menambah waktu komputasi menjadi dua kali lipat. Penambahan aspek pengujian juga dapat ditambahkan, seperti pengujian fungsional algoritma dan pengujian performa algoritma.

4.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penulis menyarankan dilakukannya penerapan algoritma pada objek penelitian lain pada bidang ilmu teknik informatika, seperti pada pencarian jalur terdekat untuk robotika atau pencarian jalur terdekat untuk pengiriman data pada jaringan komputer. Selain itu, dapat dilakukan penambahan perbandingan dengan metode pencarian jalur lainnya. Perbandingan sebaiknya tidak hanya dilakukan pada hasil dari program, namun juga dilakukan pada kecepatan pemrosesan data oleh tiap metode. Perbandingan juga dapat dilakukan pada tiap script yang digunakan, bagaimana efektivitas, efisiensi, *cyclomatic complexity* atau *time complexity* dari algoritma yang digunakan. Penggunaan metode tersebut pada platform lain, seperti android atau web framework, juga akan menjadi topik penelitian yang menarik.

5. Daftar Rujukan

- [1] Tarnawski, "A constant-factor approximation algorithm for the Asymmetric Traveling Salesman Problem on graphs with zero-one edge weights," University of Wroclaw, 2016.
- [2] K. Helbig Hansen and J. Krarup, "Improvements of the Held-Karp Algorithm for the Symmetric Traveling Salesman Problem," *Math. Program.*, vol. 7, no. 1, pp. 87–96, 1974.
- [3] D. Z. S. M. Z. Ziyadin Cakir, "A New Spatial Approach for Efficient Transformation of Equality - Generalized TSP to TSP," in *Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G) Conference Proceedings*, 2017, vol. 17.
- [4] C. Chekuri, "Approximating the Held-Karp Bound for Metric TSP in Nearly Linear Time *," in *58th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science*, 2017.
- [5] M. N. Parapat, "Rancang Bangun Aplikasi Pencarian Rute Terpendek Jasa Kirim Barang Berbasis Mobile Dengan Metode Algoritma Dijkstra," *J. Inform. Polinema*, vol. 3, pp. 15–19, 2017.
- [6] P.-J. Meyer, "Compositional abstraction refinement for control synthesis under lasso-shaped specifications," in *IFAC World Congress*, 2017, pp. 9664–9669.
- [7] H. Vamja, "Comparative Analysis of Different Path Finding Algorithms to Study Limitations and Progress," *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 7, no. 9, pp. 68–75, 2017.
- [8] I. G. S. Rahayuda, "Penerapan Pemrograman Dinamis Pada Manajemen Pengiriman Produk Menggunakan Metode Held-Karp," *Konf. Nas. Sist. Inform. 2017*, pp. 513–518, 2017.
- [9] T. Moore, "Implementing the Held-Karp Lower Bound Algorithm in Python," in *Final Report for CM2SC 4515 – Honors Option*, 2015.
- [10] R. M. K. Michael Held, "A Dynamic Programming Approach to Sequencing Problems," *J. Soc. Ind. Appl. Math.*, 1962.
- [11] M. Naumov, "Parallel Depth-First Search for Directed Acyclic Graphs," *NVIDIA Tech. Rep.*, no. March 2017, pp. 1–28, 2017.

- [12] R. Van Bree, “Genetic Algorithm and Max Min Ant System performance on the Dynamic Traveling Salesman Problem,” in *The Twente Student Conference on IT*, 2017.
- [13] P. Bouman, “Dynamic Programming Approaches for the Traveling Salesman Problem with Drone,” *Soc. Sci. Res. Netw.*, 2017.
- [14] A. Becker, “Engineering an Approximation Scheme for Traveling Salesman in Planar Graphs *,” in *16th International Symposium on Experimental Algorithms*, 2017, no. 8, pp. 1–8.
- [15] D. J. Moylett, “Quantum speedup of the Travelling Salesman Problem for bounded-degree graphs,” *Cornell Univ. Libr.*, pp. 1–12, 2016.
- [16] Richard Bellman, “Dynamic Programming Treatment of the Travelling Salesman Problem,” *J. Assoc. Comput.*, 1962.
- [17] “Example of Dynamic Programming Algorithm for the TSP.” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Held–Karp_algorithm.
- [18] D. Zai, “Simulasi Rute Terpendek Lokasi Pariwisata Di Nias Dengan Metode Breadth First Search Dan Tabu Search,” *J. InFact*, vol. 1, pp. 30–41, 2016.
- [19] J. Sophia I, “Improving the Proactive Routing Protocol using Depth First Iterative Deepening Spanning Tree in Mobile Ad Hoc Network,” *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 1, p. 316, 2017.
- [20] M. Aggarwal, “A Study of Approaches to Solve Traveling Salesman Problem using Machine Learning,” *Int. J. Control Theory Appl.*, vol. 9, no. 42, pp. 209–216, 2016.