



**PENYELESAIAN *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM*
DENGAN ALGORITMA *HARMONY SEARCH*
DAN ALGORITMA *TABU SEARCH***

SKRIPSI

Oleh

**Ikfi Ulyawati
121810101023**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**PENYELESAIAN *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM*
DENGAN ALGORITMA *HARMONY SEARCH*
DAN ALGORITMA *TABU SEARCH***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Ikfi Ulyawati
121810101023

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Suharmi dan Ayahanda Hamzah Fansuri, S.Pd yang memberikan kasih sayang, segala dukungan dan doa yang tiada henti;
2. Kakakku Naja Himawan, S.T beserta keluarga atas bantuan serta doanya;
3. Guru-guru TK Al-Hidayah Blitar, MI Miftahul Hidayah Blitar, MTsN 1 Blitar, SMAN 1 Blitar, dan dosen-dosen Universitas Negeri Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
4. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras untuk (urusan yang lain) dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(terjemahan Q.S. Al-Insyirah ayat 6-8)¹

“Antara mimpi dan kenyataan, ada yang namanya kerja keras.”

(Merry Riana)²

¹ Departemen Agama Republik Indonesia. 2004. *Al-Quran dan Terjemahannya*. Bandung: CV. Penerbit Diponegoro.

² Twitter Merry Riana@MerryRiana

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ikfi Ulyawati

NIM : 121810101023

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* dengan Algoritma *Harmony Search* dan Algoritma *Tabu Search*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi manapun, dan buku karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2016

Yang menyatakan,

Ikfi Ulyawati
NIM 121810101023

SKRIPSI

**PENYELESAIAN *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM*
DENGAN ALGORITMA *HARMONY SEARCH*
DAN ALGORITMA *TABU SEARCH***

Oleh

**Ikfi Ulyawati
121810101023**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Kusbudiono, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* dengan Algoritma *Harmony Search* dan Algoritma *Tabu Search*” telah diuji pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Kusbudiono, S.Si., M.Si.
NIP. 19770430005011001

Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom.
NIP. 197211291998021001

Anggota Tim Penguji

Anggota I,

Anggota II,

M. Ziaul Arif, S.Si., M.Sc.
NIP. 198501112008121002

Dr. Moh. Fatekurrohman, S.Si., M.Si.
NIP. 1969060619980310001

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.

NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* dengan Algoritma *Harmony Search* dan Algoritma *Tabu Search*; Ikfi Ulyawati, 121810101023; 2016; 53 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan bentuk dasar dari *Vehicle Routing Problem* (VRP) yaitu masalah optimasi untuk menemukan rute dengan total jarak minimum untuk sejumlah kendaraan dengan kapasitas tertentu. Jumlah permintaan pelanggan telah diketahui sebelum proses pengiriman berlangsung. Masalah utama dalam CVRP adalah menentukan rute kendaraan sedemikian sehingga setiap pelanggan terlayani oleh tepat satu kendaraan, permintaan terpenuhi, muatan sepanjang rute tidak melampaui kapasitas kendaraan, dan panjang rute dari depot keliling kembali ke depot lagi diminimumkan.

Penelitian ini menggunakan data dari perusahaan air minum kemasan PT. Tujuh Impian Bersama AMDK Al-Qodiri Jember. Data yang digunakan yaitu lokasi setiap pelanggan, jumlah permintaan pelanggan, jumlah kendaraan, dan kapasitas masing-masing kendaraan. Penelitian ini menyelesaikan permasalahan CVRP menggunakan algoritma *harmony search* dan algoritma *tabu search*. Selain untuk mengetahui konsep dan hasil dari kedua algoritma tersebut, juga bertujuan untuk mengetahui hasil perbandingan algoritma dalam menyelesaikan permasalahan CVRP berdasarkan total jarak minimum, *running time* (waktu komputasi), dan kekonvergenan algoritma.

Berdasarkan hasil penelitian, algoritma *harmony search* memperoleh total jarak minimum 311,8 km dan algoritma *tabu search* memperoleh total jarak minimum 219,1 km. Hasil tersebut menunjukkan bahwa algoritma *tabu search* lebih optimal daripada algoritma *harmony search*. Dilihat dari sisi yang lain, algoritma *harmony search* memiliki *running time* yang lebih cepat dan mencapai konvergen lebih cepat.

PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* dengan Algoritma *Harmony Search* dan Algoritma *Tabu Search*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata 1 (S1) di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak Kusbudiono, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan dan bantuan dalam penyempurnaan skripsi ini;
2. Bapak M. Ziaul Arif, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Dr. Moh. Fatekurohman, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan skripsi ini;
3. Bapak Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan banyak masukan selama menjalani perkuliahan;
4. Seluruh Dosen Pengajar dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam;
5. Kedua orang tua Ayahanda Hamzah Fansuri, S.Pd dan Ibunda Suharmi, yang senantiasa mencurahkan kasih sayang, doa dan semangat disetiap waktuku.
6. Kakak-kakakku Naja Himawan, S.T dan Siti Nur Alifa, S.Pd yang selalu memberikan doa dan semangat;
7. partner terbaikku dari awal kuliah Ricki Ditto Rosanda yang selalu memberikan motivasi dan kasih sayangnya;

8. sahabat sekaligus partner terbaik, Ade, Rere, Desi, Wahyu, Dwindah, Vivi, Yuni, Anggun, yang selalu memberi semangat, cinta saat suka maupun duka;
9. para pejuang riset dan keluarga besar Bathics'12 tersayang, terimakasih atas kekompakannya dan persahabatannya;
10. semua pihak yang telah banyak membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun skripsi ini masih terdapat kekurangan baik isi maupun susunannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi pembaca.

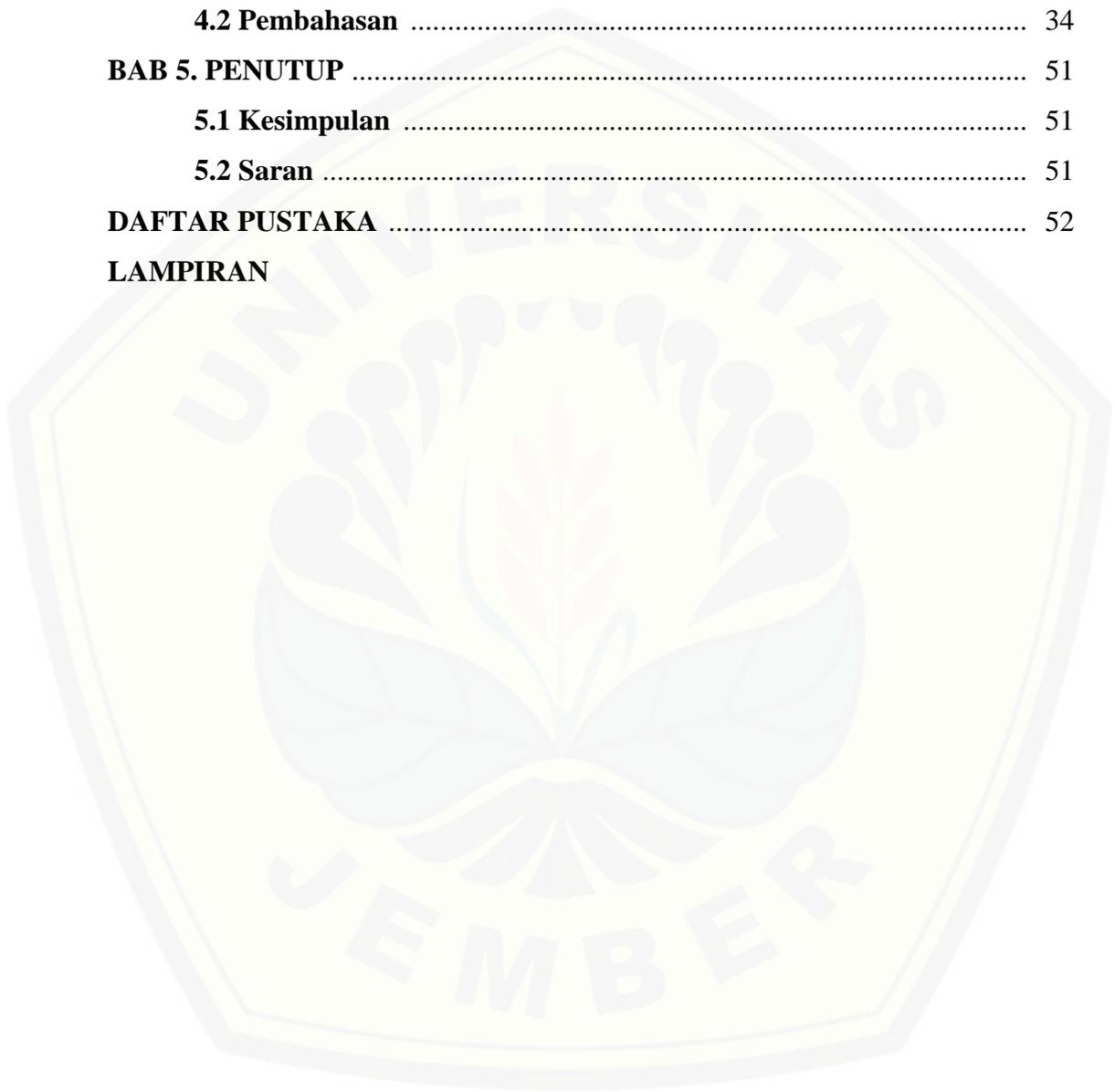
Jember, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Teori Graf	5
2.2 <i>Vehicle Routing Problem</i>	6
2.3 <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i>	7
2.4 Algoritma <i>Harmony Search</i>	9
2.5 Algoritma <i>Tabu Search</i>	13
BAB 3. METODE PENELITIAN	18
3.1 Data Penelitian	18
3.2 Langkah Penyelesaian	18

BAB 4. PEMBAHASAN	19
4.1 Hasil	19
4.1.1 Perhitungan Manual	19
4.1.2 CVRP dengan Program Matlab	30
4.2 Pembahasan	34
BAB 5. PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

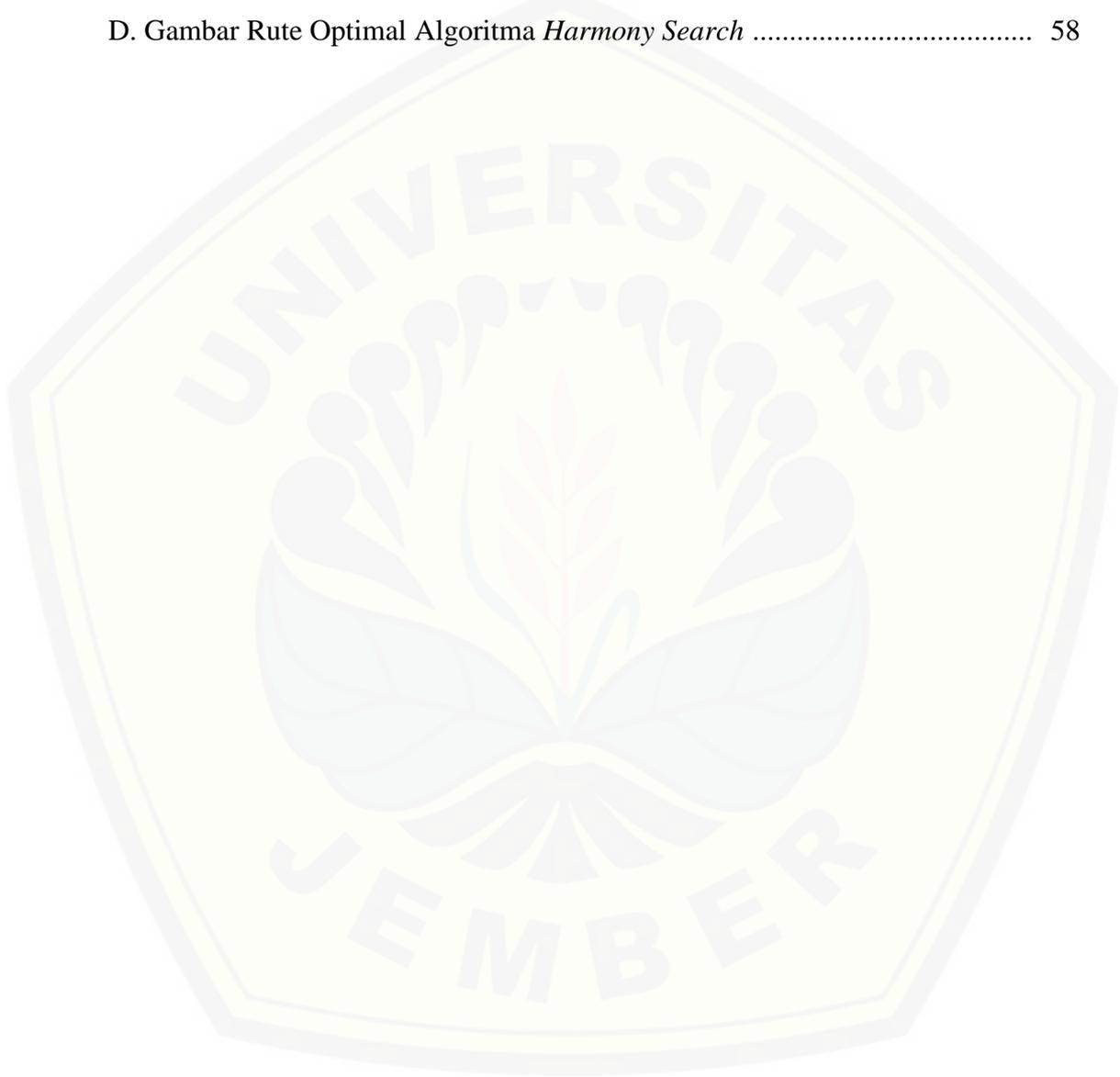
	Halaman
2.1 Contoh Graf Berarah dan Berbobot	5
2.2 Contoh Solusi <i>Vehicle Routing Problem</i> dengan Tiga Rute	7
2.3 Matriks <i>Harmony Memory</i>	11
2.4 Ilustrasi <i>Insertion Move</i>	15
2.5 Ilustrasi <i>Swap</i>	15
2.6 Ilustrasi <i>Neighborhood Search</i>	16
3.1 Skema Langkah-langkah Penelitian.....	19
4.1 Tampilan Program CVRP	31
4.2 Tampilan <i>Input</i> Parameter Program CVRP.....	32
4.3 Tampilan <i>Output</i> Program CVRP	33
4.4 Tampilan Kekonvergenan Program CVRP	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Jarak Pelanggan (Km).....	20
4.2 Permintaan Pelanggan.....	20
4.3 Jalur Pelanggan	22
4.4 Perhitungan VS ke-1	22
4.5 Jalur Solusi Awal	23
4.6 Perhitungan VS Baru	25
4.7 Jalur Solusi Baru	26
4.8 Perhitungan Pertama	28
4.9 Jalur Solusi Awal	29
4.10 Jumlah Permintaan.....	36
4.11 Kapasitas Kendaraan	36
4.12 Hasil Percobaan Pertama.....	37
4.13 Hasil Percobaan Kedua	38
4.14 Hasil Percobaan Ketiga	39
4.15 Hasil Percobaan Keempat	40
4.16 Hasil Percobaan Kelima	41
4.17 Hasil Percobaan Keenam	43
4.18 Hasil Percobaan Ketujuh	44
4.19 Hasil Percobaan Kedelapan	45
4.20 Hasil Percobaan Kesembilan	46
4.21 Hasil Percobaan Kesepuluh	47
4.22 Sepuluh Percobaan dengan Algoritma <i>Harmony Search</i>	48
4.23 Sepuluh Percobaan dengan Algoritma <i>Tabu Search</i>	48
4.24 Rata-rata Sepuluh Percobaan dengan Algoritma <i>Harmony Search</i>	49
4.25 Rata-rata Sepuluh Percobaan dengan Algoritma <i>Tabu Search</i>	50

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data Jarak 20 Pelanggan	54
B. Hasil Percobaan Optimal	56
C. Gambar Rute Optimal Algoritma <i>Harmony Search</i>	57
D. Gambar Rute Optimal Algoritma <i>Harmony Search</i>	58



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, dunia perindustrian berkembang dengan cepat dan pesat. Perkembangan dunia industri ini ditandai dengan semakin ketatnya persaingan antara suatu perusahaan dengan perusahaan yang lain. Salah satu permasalahan yang cukup penting pada manajemen perusahaan adalah permasalahan distribusi barang. Pengelolaan distribusi barang sangat berguna untuk perusahaan berskala besar, maupun kecil dan menengah. Dengan adanya pola distribusi berupa rute kunjungan, produk dari perusahaan dapat sampai ke tempat pelanggan walaupun jarak antara lokasi perusahaan dengan pelanggan sangat jauh. Rute merupakan salah satu penentu untung ruginya suatu perusahaan karena berkaitan langsung dengan biaya distribusi.

Pada umumnya, suatu perusahaan akan meminimalkan biaya dan waktu pada proses distribusi. Menentukan rute optimal perlu memperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan kegiatan distribusi, yaitu jarak tempuh. Jarak tempuh yang lebih jauh akan membuat konsumsi bahan bakar yang lebih banyak serta waktu tempuh yang lebih besar pula. Biaya pengiriman yang akan dikeluarkan pun akan semakin besar.

Dalam pendistribusian barang, kendaraan milik perusahaan mengirimkan barang keseluruh pelanggan, umumnya dikenal dengan *Vehicle Routing Problem* (VRP). Dalam VRP, perusahaan disebut sebagai depot dan pelanggan disebut sebagai simpul. Setiap pelanggan tepat dikunjungi hanya satu kali oleh satu kendaraan, dimana kendaraan berangkat dan diakhiri dari depot yang sama. Berbagai macam tipe dari VRP dapat dihasilkan bergantung pada pembatasan pada pengaplikasiannya atau karakteristik permasalahan. Salah satunya adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang merupakan tipe dari VRP dengan aturan, yaitu setiap kendaraan mempunyai kapasitas terbatas.

Permasalahan VRP dapat diselesaikan dengan berbagai macam algoritma, salah satunya adalah algoritma *harmony search* yang sudah dilakukan oleh Lydia

(2011), pada penelitiannya tentang *Capacitated Vehicle Routing Problem Time Windows* (CVRPTW) menyimpulkan bahwa algoritma *harmony search* lebih efektif dibandingkan algoritma genetika dan *differential evolution*. Selanjutnya Pradhana (2015) dalam penelitiannya tentang VRP menyimpulkan bahwa algoritma *tabu search* mendapatkan hasil rute yang lebih optimal dibandingkan dengan metode perusahaan.

Pada penulisan skripsi ini diterapkan algoritma *harmony search* dan algoritma *tabu search* dalam menyelesaikan CVRP. Algoritma *harmony search* pertama kali diperkenalkan oleh Geem pada tahun 2001. Algoritma tersebut menirukan evolusi yang terjadi pada proses pertunjukan musik yang berusaha mencari harmoni lebih baik. Teknik ini menggunakan proses pencarian seperti pada improvisasi musik yang berusaha mendapatkan keadaan terbaik berdasarkan perkiraan estetika. Dengan analogi tersebut, *harmony search* melakukan proses evaluasi fungsi objektif untuk mendapatkan keadaan terbaik. Sedangkan ide dari algoritma *tabu search* adalah melakukan prosedur pengulangan metode pencarian daerah sekitar untuk melakukan suatu solusi yang optimal. Kemampuan *tabu search* dalam menghasilkan solusi yang mendekati optimal telah dimanfaatkan dalam beragam permasalahan klasik dan praktis dari berbagai bidang.

Dari uraian tersebut, penulis tertarik untuk menyelesaikan CVRP dengan kedua algoritma tersebut untuk diterapkan pada perusahaan air minum kemasan PT. Tujuh Impian Bersama AMDK Al-Qodiri Jember. Dalam proses pendistribusiannya, permasalahan yang terjadi adalah belum ada penentuan rute yang sistematis. Perusahaan hanya mengandalkan pengalaman dan keputusan subyektif dari supir PT. Tujuh Impian Bersama AMDK Al-Qodiri Jember. Perusahaan tidak mempertimbangkan jarak tempuh minimal serta jumlah kendaraan yang tepat. Dengan pertimbangan tersebut, diharapkan dengan menggunakan kedua algoritma tersebut dapat mengurangi total jarak dan beban biaya yang ditanggung oleh PT. Tujuh Impian Bersama AMDK Al-Qodiri Jember.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah:

- a. Bagaimana penyelesaian *capacitated vehicle routing problem* menggunakan algoritma *harmony search* dan algoritma *tabu search* pada perusahaan air minum kemasan PT. Tujuh Impian Bersama AMDK Al-Qodiri Jember guna memperoleh total jarak pendistribusian yang minimum?
- b. Bagaimana hasil perbandingan kedua algoritma yang diterapkan pada perusahaan air minum dalam kemasan PT. Tujuh Impian Bersama AMDK Al-Qodiri Jember berdasarkan total jarak minimum, *running time* (waktu komputasi), dan tingkat kecepatan kekonvergenan?

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal, batasan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Produk yang didistribusikan hanya satu macam produk;
- b. Terdapat satu depot;
- c. Tidak ada batasan waktu dalam pengiriman barang;
- d. Semua jalan dapat dilewati.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulis skripsi ini adalah:

- a. Menyelesaikan *capacitated vehicle routing problem* menggunakan algoritma *harmony seach* dan algoritma *tabu search* pada perusahaan air minum kemasan PT. Tujuh Impian Bersama AMDK Al-Qodiri Jember guna memperoleh total jarak pendistribusian yang minimum;
- b. Mengetahui hasil perbandingan kedua algoritma yang diterapkan pada perusahaan air minum dalam kemasan PT. Tujuh Impian Bersama AMDK Al-Qodiri Jember berdasarkan total jarak minimum, *running time* (waktu komputasi), dan tingkat kecepatan kekonvergenan.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah:

- a. Bagi perusahaan, mendapatkan rute pendistribusian melalui penggunaan algoritma *harmony search* dan algoritma *tabu search* ;
- b. Bagi pembaca, memberikan pemahaman mengenai perbandingan dari kedua algoritma tersebut.

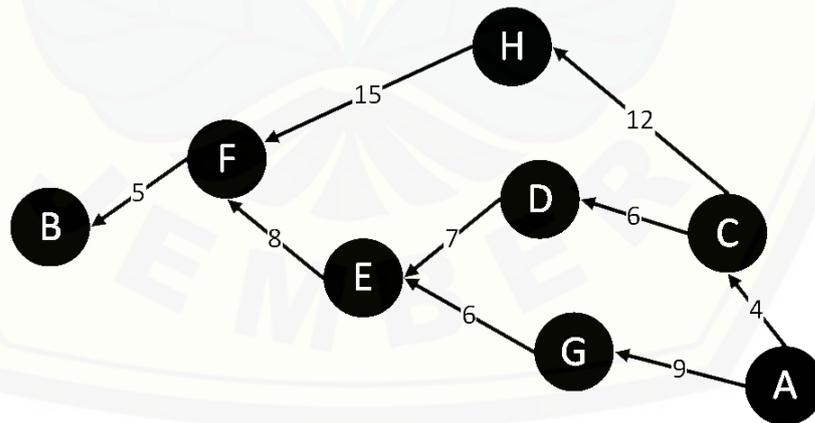


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Graf

Graf merupakan cabang ilmu yang memiliki banyak terapan. Banyak struktur yang bisa direpresentasikan dengan graf, dan banyak masalah yang bisa diselesaikan dengan bantuan graf. Menurut Munir (2005), graf merupakan pasangan himpunan (V, E) , dan ditulis dengan notasi $G = (V, E)$, V adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ dan E adalah himpunan *edge* $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ atau sisi yang menghubungkan sepasang simpul.

Jenis graf menurut arah dan bobotnya yaitu graf berarah dan berbobot. Graf berarah dan berbobot adalah graf yang sisinya mempunyai orientasi arah dan mempunyai nilai atau bobot tertentu. Pada graf berarah, $(v_i, v_j) \neq (v_j, v_i)$. Bobot pada setiap sisi dapat menyatakan jarak antara dua buah kota, biaya perjalanan, waktu tempuh, ongkos produksi, dan sebagainya. Gambar 2.1 adalah contoh graf berarah dan berbobot yang terdiri dari delapan simpul yaitu simpul A, B, C, D, E, F, G, H . Simpul A mempunyai dua sisi yang masing-masing menuju ke simpul C dan simpul G . Bobot antara simpul A dan simpul C sebesar 4, dan bobot antara simpul A dan simpul G sebesar 9.



Gambar 2.1 Contoh Graf Berarah dan Berbobot

2.2 Vehicle Routing Problem

Vehicle Routing Problem (VRP) pertama kali diperkenalkan oleh Dantzig dan Ramser pada tahun 1959. VRP merupakan sebuah permasalahan optimasi dan merancang rute kendaraan dengan biaya minimal dimana tiap kendaraan berawal dan berakhir di depot yang sama. VRP berhubungan dengan menjemput atau mengantar barang pada sejumlah tempat. Setiap tujuan hanya boleh dilayani oleh satu kendaraan saja (Peter *et al.*, 2014).

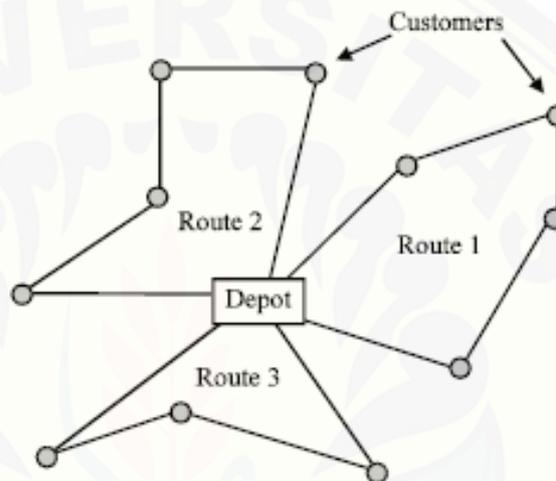
VRP adalah generalisasi dari *Travelling Salesman Problem* (TSP). Permasalahan *Multiple Travelling Salesman Problem* (m-TSP) merupakan suatu variasi dari TSP, dimana terdapat lebih dari satu *salesman* yang mengunjungi setiap kota dan setiap kota tersebut hanya dapat dikunjungi oleh satu *salesman* saja. Tiap *salesman* berawal dari suatu depot dan pada akhir perjalanannya, mereka harus kembali ke depot tersebut. Menurut Sutapa *et al.* (2004), pada kasus VRP, sebuah kota diibaratkan sebagai sebuah permintaan atau pelanggan, dan setiap kendaraan yang dipakai untuk perjalanan dianggap memiliki kapasitas tertentu. Total jumlah permintaan dalam suatu rute tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan yang digunakan untuk melewati rute tersebut, dan setiap pelanggan hanya diperbolehkan dikunjungi oleh satu kendaraan. Hal ini membuat VRP kadang disebut juga *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). Sama dengan m-TSP, VRP juga memulai perjalanannya dari suatu depot dan pada akhir perjalanannya kendaraan tersebut harus kembali lagi ke depot. Dalam VRP, selain bertujuan untuk meminimalkan total jarak atau total biaya *travel*, dapat juga untuk meminimalkan jumlah kendaraan yang digunakan, dan tujuan lainnya yang sesuai karakteristik permasalahan.

Menurut Toth dan Vigo (2002), terdapat variasi permasalahan VRP, yaitu:

- a. *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), dimana kendala yang ada hanya berupa kapasitas kendaraan yang terbatas;
- b. *Distance Constrained Vehicle Routing Problem* (DCVRP), merupakan VRP dengan kendala batasan panjang rute;
- c. *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW), yaitu kasus VRP dimana setiap konsumen memiliki batasan rentang waktu pelayanan;

- d. *Vehicle Routing Problem With Pick Up And Delivery (VRPPD)*, merupakan VRP dengan pelayanan campuran, yaitu pengiriman dan pengambilan barang dalam satu rute;
- e. *Vehicle Routing Problem With Backhauls (VRPB)*, dimana pengambilan baru dapat dilakukan setelah semua pengiriman selesai.

Variasi dari semua VRP tersebut dapat digunakan sesuai dengan keadaan atau masalahnya. Contoh dari solusi VRP ditunjukkan oleh Gambar 2.2:



Gambar 2.2 Contoh Solusi VRP dengan Tiga Rute
(sumber: <http://scialert.net/fulltext/?doi=jas.2009.79.87>)

2.3 *Capacitated Vehicle Routing Problem*

VRP memiliki bentuk dasar yang biasa disebut CVRP, adalah formulasi dari dua masalah optimasi yaitu TSP dan *Bin Packing Problem (BPP)*, dan merupakan masalah optimasi untuk menemukan rute dengan biaya minimal untuk sejumlah kendaraan dengan kapasitas tertentu, yang melayani permintaan sejumlah pelanggan yang kuantitas permintaannya telah diketahui sebelum proses pengiriman berlangsung (Maryati *et al.*, 2012).

Masalah utama dalam CVRP adalah bagaimana menentukan rute kendaraan sedemikian sehingga setiap pelanggan terlayani oleh tepat satu kendaraan, permintaan terpenuhi, muatan sepanjang rute tidak melampaui kapasitas kendaraan, panjang rute dari depot keliling kembali ke depot lagi

diminimumkan. Selain itu, CVRP juga meminimumkan banyaknya kendaraan yang digunakan dalam mendistribusikan barang dari depot ke pelanggan (Nurhayanti, 2013).

CVRP merupakan suatu graf $G = (V, E)$ dengan himpunan simpul $V = \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_n\}$, dan himpunan sisi E . Simpul v_0 merupakan sebuah depot yang memiliki sejumlah kendaraan dengan kapasitas yang sama yaitu Q , sehingga panjang setiap rute dibatasi oleh kapasitas kendaraan. Setiap pelanggan (simpul $i > 0$) memiliki suatu permintaan non negatif sebesar q_i . Setiap simpul (i, j) memiliki jarak tempuh c_{ij} yaitu jarak dari simpul i ke simpul j . Jarak perjalanan ini diasumsikan simetrik yaitu $c_{ij} = c_{ji}$ dan $c_{ii} = 0$.

Permasalahan tersebut kemudian diformulasikan ke dalam model matematika dengan tujuan meminimumkan total jarak tempuh perjalanan kendaraan. Didefinisikan variabel keputusannya:

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{Jika terdapat perjalanan kendaraan dari } i \text{ ke } j \text{ pada rute } k \\ 0, & \text{jika tidak ada perjalanan kendaraan dari } i \text{ ke } j \text{ pada rute } k \end{cases}$$

Keterangan :

K = jumlah kendaraan

N = jumlah pelanggan

c_{ij} = jarak antara pelanggan i ke pelanggan j

q_i = jumlah permintaan pelanggan i

Q = kapasitas maksimum kendaraan

Fungsi tujuannya meminimumkan total jarak tempuh perjalanan kendaraan. Jika z adalah fungsi tujuan, maka

$$\text{minimumkan } z = \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^{N+1} \sum_{j=0}^{N+1} c_{ij} x_{ij}^k \quad (2.1)$$

dengan kendala-kendala,

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{N+1} x_{ij}^k = 1; i = 1, 2, \dots, N \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=1}^N q_i \sum_{j=0}^{N+1} x_{ij}^k \leq Q; k = 1, 2, \dots, \quad (2.3)$$

$$\sum_{j=0}^{N+1} x_{0j}^k = 1; k = 1, 2, \dots, K \quad (2.4)$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} x_{ih}^k - \sum_{j=0}^{N+1} x_{hj}^k = 0; h = 1, 2, \dots, N; k = 1, 2, \dots, K \quad (2.5)$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} x_{i,N+1}^k = 1; k = 1, 2, \dots, K \quad (2.6)$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}; i = 0, 2, \dots, N + 1; k = 1, 2, \dots, K \quad (2.7)$$

Tujuan dari model (2.1) adalah untuk meminimumkan total jarak tempuh perjalanan kendaraan. Perjalanan awal dari depot kemudian mengunjungi semua pelanggan dan perjalanan kembali ke depot. Kendala (2.2) yaitu untuk menunjukkan bahwa setiap pelanggan hanya dapat dilayani oleh satu kendaraan. Kendala (2.3) untuk membatasi bahwa total jumlah permintaan yang dibawa oleh kendaraan tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan tersebut. Kendala (2.4) – (2.6) digunakan untuk memastikan bahwa setiap kendaraan berangkat dari depot ($N=0$), dan setelah melayani pelanggan, kendaraan tersebut akan pergi, serta pada akhirnya kendaraan tersebut akan kembali ke depot ($N+1$). Kendala (2.7) menunjukkan bahwa variabel keputusannya merupakan *integer biner* (Kallehauge *et al.*, 2001).

2.4 Algoritma *Harmony Search*

Harmony search diusulkan oleh Geem pada tahun 2001. *Harmony search* menirukan evolusi yang terjadi pada proses pertunjukan musik. Teknik ini menggunakan proses pencarian seperti pada improvisasi musik yang berusaha mendapatkan keadaan terbaik berdasarkan perkiraan estetika. Dengan analogi tersebut, *harmony search* melakukan proses optimasi untuk mendapatkan keadaan terbaik dengan cara mengevaluasi fungsi objektif. Mirip perkiraan estetika yang ditentukan menggunakan himpunan pola-pola titi nada (*pitch*s) yang dikeluarkan oleh alat-alat musik, fungsi objektif pada *harmony search* dihitung menggunakan himpunan nilai-nilai yang diberikan untuk variabel-variabel keputusan. Perbaikan nilai fungsi objektif pada *harmony search* menerapkan improvisasi yang terus ditingkatkan dari iterasi ke iterasi sama seperti perbaikan kualitas suara estetika yang diperbaiki dengan latihan demi latihan. Berdasarkan konsep algoritma di atas, berikut ini adalah langkah-langkah dari algoritma *harmony search* (Suyanto, 2010) :

a. Inisialisasi Parameter

Pada tahap pertama, permasalahan optimasi ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Minimasi (atau maksimasi) } f(x) \quad (2.8)$$

dengan batasan $x_i \in X_i; i = 1, 2, \dots, N$

dengan:

$f(x_i)$ = fungsi objektif

x_i = variabel keputusan ke-i

X_i = himpunan variabel keputusan ke-i

N = jumlah variabel keputusan

Pada langkah pertama ini, semua parameter di atas harus ditentukan. Kemudian parameter-parameter *harmony search* yang lain juga harus ditentukan, yaitu (Suyanto, 2010):

- 1) *Harmony Memory Size* (HMS) adalah jumlah vektor solusi yang bisa disimpan di dalam *harmony memory*;
- 2) *Harmony Memory Considering Rate* (HMCR) adalah probabilitas dari *harmony memory* untuk digunakan kembali sebagai hasil dari vektor solusi. Nilainya $0 \leq \text{HMCR} \leq 1$, umumnya digunakan berkisar antara 0,7 sampai 0,95 karena jika *rate* terlalu rendah, maka hanya sedikit harmoni bagus yang terpilih dan juga dapat menyebabkan proses konvergensi terlalu lambat. Jika *rate* terlalu besar, maka akan menyebabkan vektor solusi pada *harmony memory* banyak terpakai dan tidak sempat mengeksplorasi yang lain, dimana pada akhirnya sulit mencapai solusi yang baik (Setiawan, 2010);
- 3) *Pitch Adjusting Rate* (PAR) adalah parameter yang mempunyai peran signifikan dalam menentukan jumlah nilai yang harus diubah, disesuaikan, atau ditukar dengan nilai yang lain. Nilainya $0 \leq \text{PAR} \leq 1$, umumnya digunakan berkisar antara 0,1 sampai 0,5 (Setiawan, 2010) ;
- 4) *Bandwidth* adalah jumlah perubahan maksimal dalam penyesuaian, biasanya yang sering digunakan adalah 0,001 sampai 0,01;
- 5) *Number of Improvisation* (NI) adalah parameter yang digunakan sebagai kriteria pemberhentian pengulangan.

b. Inisialisasi *Harmony Memory*

Pada tahap ini dibangkitkan matriks *Harmony Memory* (HM) secara *random* yang berisi vektor-vektor solusi sebanyak HMS. Berikut ini adalah contoh matriks *harmony memory*:

$$HM = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,N-1} & x_{1,N} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,N-1} & x_{2,N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{HMS-1,1} & x_{HMS-1,2} & \dots & x_{HMS-1,N-1} & x_{HMS-1,N} \\ x_{HMS,1} & x_{HMS,2} & \dots & x_{HMS,N-1} & x_{HMS,N} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(x_1) \\ f(x_2) \\ \dots \\ f(x_{HMS-1}) \\ f(x_{HMS}) \end{bmatrix}$$

Gambar 2.3 Matriks *Harmony Memory*

dengan:

$f(x)$ = fungsi objektif

HM = matriks *harmony memory*

HMS = jumlah baris matriks *harmony memory*

N = jumlah variabel keputusan

$x_{HMS,N}$ = variabel keputusan ke- N pada sebanyak HMS

c. Membuat Vektor Solusi Baru / Improvisasasi *Harmony* Baru

Vektor harmoni baru, ($x' = x'_1, x'_2, \dots, x'_N$) diperbaiki menggunakan tiga aturan yaitu :

- 1) Apabila bilangan *random* yang dibangkitkan di atas HMCR maka tidak perlu membangkitkan nilai kedua karena nilai yang dibangkitkan pertama sudah lebih besar dari HMCR.
- 2) Apabila nilai pertama dari bilangan *random* yang dibangkitkan lebih kecil dari HMCR dan nilai kedua dari bilangan *random* yang dibangkitkan lebih besar dari PAR , maka variabel keputusan ke- i akan diambil dari *harmony memory* dengan formulasi sebagai berikut:

$$d_1 = \text{int}[1 + (HMS - 1)\text{rand}] \quad (2.9)$$

$$d_2 = HM(d_1, i) \quad (2.10)$$

$$x'_i = d_2 \quad (2.11)$$

dengan:

d_1 = nilai yang menyatakan pemilihan lokasi variabel keputusan pada *harmony memory* secara *random*

int = *integer*

rand = *random*

d_2 = nilai variabel keputusan yang diambil dari *harmony memory*

- 3) Apabila nilai pertama dari bilangan *random* yang dibangkitkan lebih kecil dari HMCR dan nilai kedua bilangan *random* yang dibangkitkan lebih kecil dari PAR, maka terdapat penyesuaian terhadap variabel keputusan ke- i yang telah diambil dari *harmony memory* dengan formulasi sebagai berikut:

$$d_3 = d_2 + bw \times \varepsilon \quad (2.12)$$

$$x'_i = d_3 \quad (2.13)$$

dengan:

d_3 = nilai variabel keputusan setelah dilakukan penyesuaian

bw = *bandwidth*

ε = bilangan *random* antara [-1,1]

d. Memperbarui *Harmony Memory*

Jika vektor solusi baru $x' = x'_1, x'_2, \dots, x'_N$ memiliki nilai vektor solusi yang lebih baik dibandingkan vektor solusi terburuk di dalam HM, vektor solusi baru tersebut dimasukkan ke dalam HM dan vektor solusi terburuk dikeluarkan dari HM. Apabila nilai vektor solusi tidak lebih baik maka tidak akan terjadi perubahan pada HM.

e. Cek Kriteria Berhenti

Apabila kriteria pemberhentian telah tercapai, maka proses pengerjaan dihentikan. Apabila kriteria pemberhentian belum tercapai maka akan kembali pada langkah ketiga dan keempat. Kriteria pemberhentian dari algoritma *harmony search* adalah jumlah iterasi yang telah ditentukan.

2.5 Algoritma *Tabu Search*

Tabu Search adalah suatu metode optimasi matematis yang termasuk ke dalam kelas *local search*. *Tabu search* memperbaiki performansi *local search* dengan memanfaatkan penggunaan struktur *memory*. *Tabu search* diperkenalkan pertama kali oleh Glover pada tahun 1970-an. Algoritma *Tabu search* menyimpan solusi terbaik dan terus mencari berdasarkan solusi terakhir. Selain itu, metode ini mengingat sebagian solusi yang pernah ditemui dan melarang untuk menggunakan solusi yang telah ditelusuri untuk menghindari pengulangan yang sia-sia. *Tabu search* menggunakan struktur *memory* yang disebut *tabu list* untuk menyimpan atribut dari sebagian *move* (langkah transisi dari satu solusi ke solusi yang lain) yang telah diterapkan pada iterasi-iterasi sebelumnya. *Tabu list* digunakan untuk menolak solusi-solusi yang memenuhi atribut tertentu agar proses pencarian tidak berulang-ulang pada daerah solusi yang sama dan untuk menuntun proses pencarian menelusuri solusi-solusi yang belum pernah dikunjungi.

Struktur memori *Tabu search* menggunakan empat prinsip utama, yaitu (Berlianty, 2010):

- a. *Recency based memory*, yaitu memori yang tetap menjaga struktur terbaik dari solusi awal yang ditemukan selama proses pencarian pada setiap iterasinya, sehingga apabila pada suatu iterasi ditemukan solusi yang lebih baik maka solusi ini akan tetap dipertahankan sampai ditemukannya solusi baru yang lebih baik. Pada metode *tabu search* ada kemungkinan terjadi perulangan perhitungan sehingga untuk menghindarinya dibuatlah sebuah struktur yang disebut dengan *tabu list*. *Tabu list* berfungsi untuk menyimpan sekumpulan solusi yang telah di evaluasi. Pada setiap iterasi, solusi yang akan dievaluasi akan dicocokkan terlebih dahulu dengan *tabu list*, untuk melihat apakah solusi tersebut sudah ada pada *tabu list*. Apabila solusi tersebut sudah ada pada *tabu list*, maka solusi tersebut tidak akan dievaluasi lagi pada iterasi berikutnya;
- b. *Frequency*, menyediakan sebuah tipe informasi yang merupakan kumpulan informasi yang telah direkam oleh *recency based memory*. Sehingga

keduanya dapat saling melengkapi untuk membentuk suatu informasi permanen guna mengevaluasi *move* yang terjadi;

- c. *Quality*, adalah kemampuan untuk membedakan solusi terbaik yang dikunjungi selama pencarian atau iterasi berlangsung;
- d. *Influence*, mempertimbangkan efek yang terjadi dari pemilihan solusi yang dipilih selama pencarian berlangsung, tidak hanya kualitasnya melainkan juga strukturnya.

Tahapan penyelesaian *Tabu search* adalah sebagai berikut (Berlianty, 2010):

- a. Membangkitkan sebuah solusi awal

Solusi awal untuk permasalahan CVRP yaitu membangkitkan rute secara *random* oleh masing-masing kendaraan. Pada tahap ini akan ditentukan total jaraknya. Hasil yang diperoleh akan disimpan sebagai solusi terbaik untuk tahap awal.

- b. Membuat solusi baru

Terdapat beberapa macam *move* yang dapat dipilih dalam proses pencarian solusi terbaik berlangsung, yaitu:

- 1) *Local search*, yang terdiri dari dua macam, yaitu:

- a. *Insertion*, yakni memilih secara *random* satu bagian struktur untuk dipindah ke bagian yang lain.

Contoh:

Struktur awal

1	2	3	4
---	---	---	---

Jika dengan proses *random* didapat atribut ke-3, maka struktur dapat berubah menjadi:

1	2	3	4
---	---	---	---



1	3	2	4
---	---	---	---

Gambar 2.4 Ilustrasi *Insertion Move*

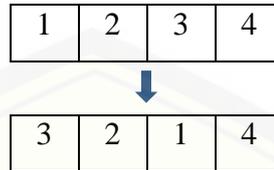
- b. *Swap*, yakni memilih secara *random* dua bagian struktur untuk selanjutnya ditukar posisinya.

Contoh:

1	2	3	4
---	---	---	---

Struktur awal

Jika dengan proses *random* menghasilkan 1 dan 3, maka struktur dapat berubah menjadi:

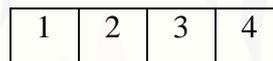


Gambar 2.5 Ilustrasi *Swap Move*

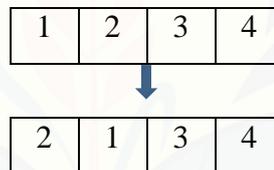
- 2) *Neighborhood search*, pencarian dengan teknik ini setiap kemungkinan atribut dari struktur dapat dipindah-pindah menggunakan aturan kombinasi.

Contoh:

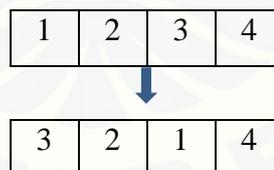
Struktur awal



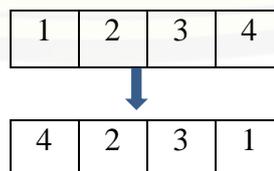
Dengan aturan kombinasi 2 dan 4 maka diperoleh struktur sebagai berikut:



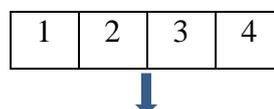
(a)



(b)



(c)



1	3	2	4
---	---	---	---

(d)

1	2	3	4
---	---	---	---



1	4	3	2
---	---	---	---

(e)

1	2	3	4
---	---	---	---



1	2	4	3
---	---	---	---

(f)

Gambar 2.6 Ilustrasi *Neighborhood Search*

- c. Menghitung nilai dari setiap struktur yang terbentuk, kemudian memilih nilai terbaik untuk dimasukkan kedalam *tabu list* untuk menghindari terjadinya *cycling* (mengulang perhitungan).
- d. Mengulangi langkah kedua dan ketiga hingga tercapai iterasi maksimal. Jika iterasi maksimal telah terpenuhi maka berhenti, artinya nilai terbaik yang berada dalam *tabu list* adalah solusi yang optimal.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari perusahaan air minum kemasan PT. Tujuh Impian Bersama AMDK Al-Qodiri Jember. Perusahaan ini mendistribusikan produknya di setiap pelanggan dengan jumlah permintaan tertentu pada masing-masing pelanggan. Data-data yang digunakan dalam penyelesaian masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* meliputi data jumlah pelanggan, data jarak dari depot ke pelanggan, data jarak dari pelanggan ke pelanggan, data banyaknya permintaan setiap pelanggan, jumlah kendaraan yang dimiliki perusahaan, dan kapasitas kendaraan yang digunakan.

3.2 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan *capacitated vehicle routing problem* adalah sebagai berikut (lihat gambar 3.1):

a. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan pada penelitian ini adalah mempelajari mengenai *capacitated vehicle routing problem*, algoritma *harmony search*, dan algoritma *tabu search* yang didapat dari berbagai sumber berupa buku, artikel, dan jurnal dari internet.

b. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan penelitian langsung pada perusahaan air minum dalam kemasan CV.AMDK Al-Qodiri Jember di Kabupaten Jember.

c. Menerapkan Algoritma *Harmony Search* dan Algoritma *Tabu Search*

Suatu data dipilih untuk untuk pencarian rute optimal. Data-data ini disimulasikan dengan menggunakan algoritma *harmony search* dan algoritma *tabu search*;

d. Membuat Program

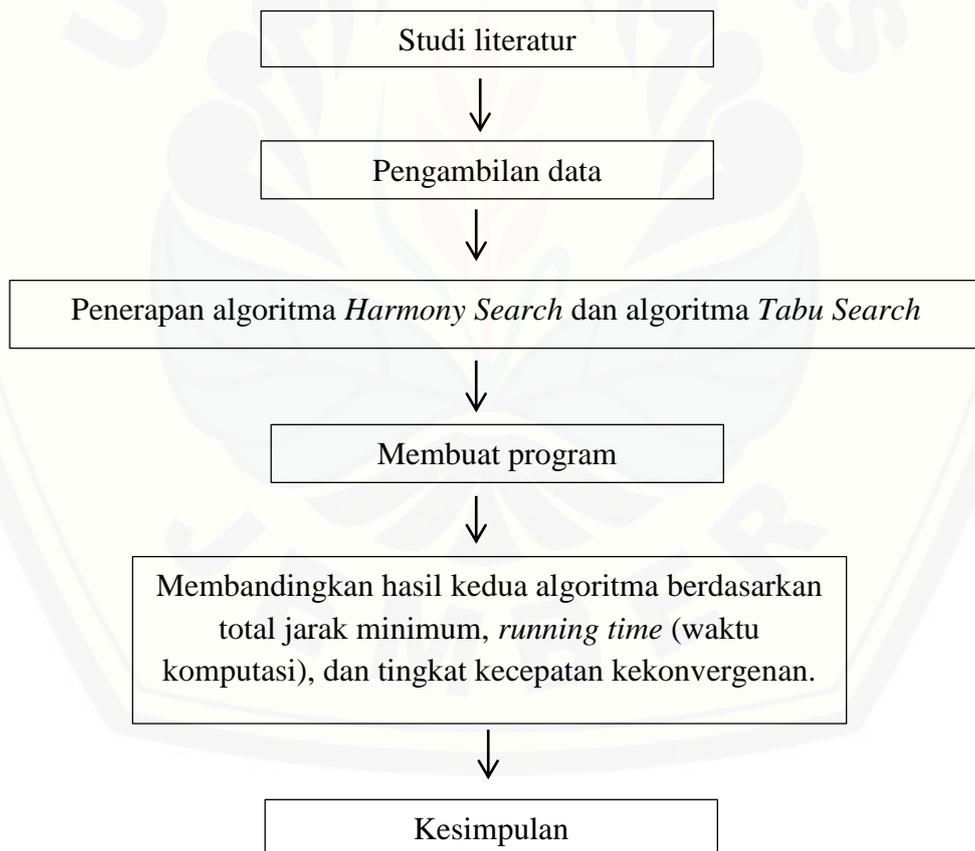
Pembuatan program menggunakan *software* matematika *MATLAB*, pada langkah ini dibuat skrip dan desain program sesuai dengan algoritma yang digunakan;

e. Membandingkan Hasil

Membandingkan hasil dari kedua algoritma dengan menggunakan program yang telah dibuat berdasarkan nilai yang paling optimal yaitu total jarak paling minimum, *running time* (waktu komputasi), dan tingkat kecepatan kekonvergenan dari algoritma *harmony search* dan algoritma *tabu search*;

f. Kesimpulan

Membuat kesimpulan berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat.



Gambar 3.1 Skema Langkah-Langkah Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan hasil simulasi pada studi kasus di perusahaan air minum kemasan PT. Tujuh Impian Bersama AMDK Al-Qodiri Jember, algoritma *harmony search* memperoleh total jarak minimum 311,8 km dan algoritma *tabu search* memperoleh total jarak minimum 219,1 km.
- b. Total jarak minimum yang ditunjukkan oleh algoritma *tabu search* lebih optimal daripada algoritma *harmony search*. Dilihat dari segi *running time*, algoritma *harmony search* memiliki *running time* yang lebih cepat daripada algoritma *tabu search*. Dilihat dari segi konvergensinya, algoritma *harmony search* lebih cepat konvergen dibandingkan dengan algoritma *tabu search*. Namun, algoritma *harmony search* konvergen menuju nilai yang masih lebih buruk dibandingkan algoritma *tabu search*.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengembangkan algoritma *tabu search* dalam menyelesaikan masalah *capacitated vehicle routing problem* dengan variasi lain seperti *multiple depot capacitated vehicle routing problem*, *capacitated vehicle routing problem with pickup and delivery*, dan *distance constrained capacitated vehicle routing problem*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, P., Putra, R., dan Hutomo, A. 2014. *Implementasi Metode Capacitated Vehicle Routing Problem dengan Menggunakan Clarke Wright Savings dan VrpSolver dalam Proses Distribusi (Studi Kasus Di Pt Krakatau Steel)*. http://library.binus.ac.id/Collections/ethesis_detail/2014-2-00481-TI. [07 maret 2016].
- Berlianty, I., dan Arifin, M. 2010. *Teknik-teknik Optimasi Heuristik*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Dirgantara, A.A. 2015. *Algoritma Genetik Pada Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem (Optimasi Rute Pendistribusian Aqua Galon Pt. Tirta Investama)*. S1 thesis, UNY. <http://eprints.uny.ac.id/27520/>. [07 maret 2016].
- Pradhana, F. 2015. “Penerapan Algoritma Tabu Search Untuk Menyelesaikan Vehicle Routing Problem”. Tidak diterbitkan. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Kallehauge, B., J. Larsen, dan O.B.G. Marsen. 2001. *Lagrangean Duality Applied on Vehicle Routing with Time Windows*. Technical Report IMM University of Denmark.
- Lydia, P. 2011. “Capacitated Vehicle Routing Problem Time Windows Menggunakan Algoritma Harmony Search”. Bandung: Fakultas Teknik Informatika Institut Teknologi Telkom.
- Maryati, I., Gunawan., dan Wibowo, H.K. 2012. *Vehicle Routing Problem Berbasis Ant Colony System Untuk Optimasi Penentuan Rute Kendaraan Pada Sistem Distribusi Barang*. Sekolah Tinggi Teknik Surabaya.
- Munir, R. 2005. *Matematika Diskrit*, Revisi 5. Bandung: Informatika.
- Nurhayanti. 2013. *Perbandingan Metode Branch And Bound dengan Metode Clarke and Wright Savings Untuk Penyelesaian Masalah Distribusi Aqua Galon Di Pt. Tirta Investama Yogyakarta*. <http://eprints.uny.ac.id/15492/> [07 maret 2016].
- Setiawan, A. 2010. *Penerapan Algoritma Harmony Search dalam Penyelesaian Resource-Constrained Project Scheduling Problem*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Surabaya: Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sutapa, I Nyoman., Widyadana, I Gede., dan Cristine. 2004. *Studi Tentang Travelling Salesman dan Vehicle Routing Problem dengan Time Windows*. <http://jurnalindustri.petra.ac.id/index.php/ind/article/view/16024/16016>. [07 maret 2016].

Suyanto. 2010. *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik*. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Toth, P., dan Vigo, D. 2002. *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: Society For Industrial And Applied Mathematics.



LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Data Jarak 20 Pelanggan

	Depot	Gebang	Slawu	Kaliwates	Kepatihan	Sempusari	Jember Kidul	Karangrejo	Kranjingan	Tegal Gede
Depot	0	1,2	2,1	6,4	3,7	6,8	3,6	5,8	8,8	4
Gebang	1,2	0	2,3	5,9	4,3	6,3	3	8,1	9,3	5,2
Slawu	2,1	2,3	0	7,4	5,8	7,9	4,6	7,9	10,8	6,1
Kaliwates	6,4	5,9	7,4	0	5,9	2,4	3,9	9,7	7,8	8
Kepatihan	3,7	4,3	5,8	5,9	0	5,9	2,4	5,1	6,4	4,3
Sempusari	6,8	6,3	7,9	2,4	5,9	0	4,3	10,1	9,8	8,4
Jember Kidul	3,6	3	4,6	3,9	2,4	4,3	0	6,6	7,8	4,9
Karangrejo	5,8	8,1	7,9	9,7	5,1	10,1	6,6	0	4,1	3,2
Kranjingan	8,8	9,3	10,8	7,8	6,4	9,8	7,8	4,1	0	7,1
Tegal Gede	4	5,2	6,1	8	4,3	8,4	4,9	3,2	7,1	0
Sumbersari	4,5	5,5	6,6	7,1	3,4	7,5	4	1,1	5	4,1
Kalisat	14,5	15,7	16,5	18,5	14,9	18,9	15,5	12,8	15	12,3
Gumuksari	12,4	13,7	14,5	16,5	12,9	16,9	13,4	12,2	13,6	10,4
Pontang	31,2	30,6	32,2	26,7	30,2	25,4	27,8	33,4	28,3	33,6
Tempurejo	40,9	41,4	43	39,1	38,5	39	41,4	38,9	35,7	41,4
Garahan	30,2	30,7	32,2	31,4	27,8	32,7	29,2	24,8	25,8	27,7
Silo	42,4	42,9	44,4	43,6	40	44,9	41,4	37	38	39,9
Kertosari	10,9	11,4	13	13,1	8,5	13,5	10	5,5	6,5	8,5
Pakusari	13	13,5	15,1	15,2	10,6	15,5	12,1	7,6	8,6	10,6
Sumberpinang	1,2	12,4	13,3	15,3	11,8	15,7	12,2	5	9,8	8,7
Tamansari	21	21,5	23,1	19,3	18,6	21,3	22	19	15,8	21,5

LAMPIRAN A. Lanjutan

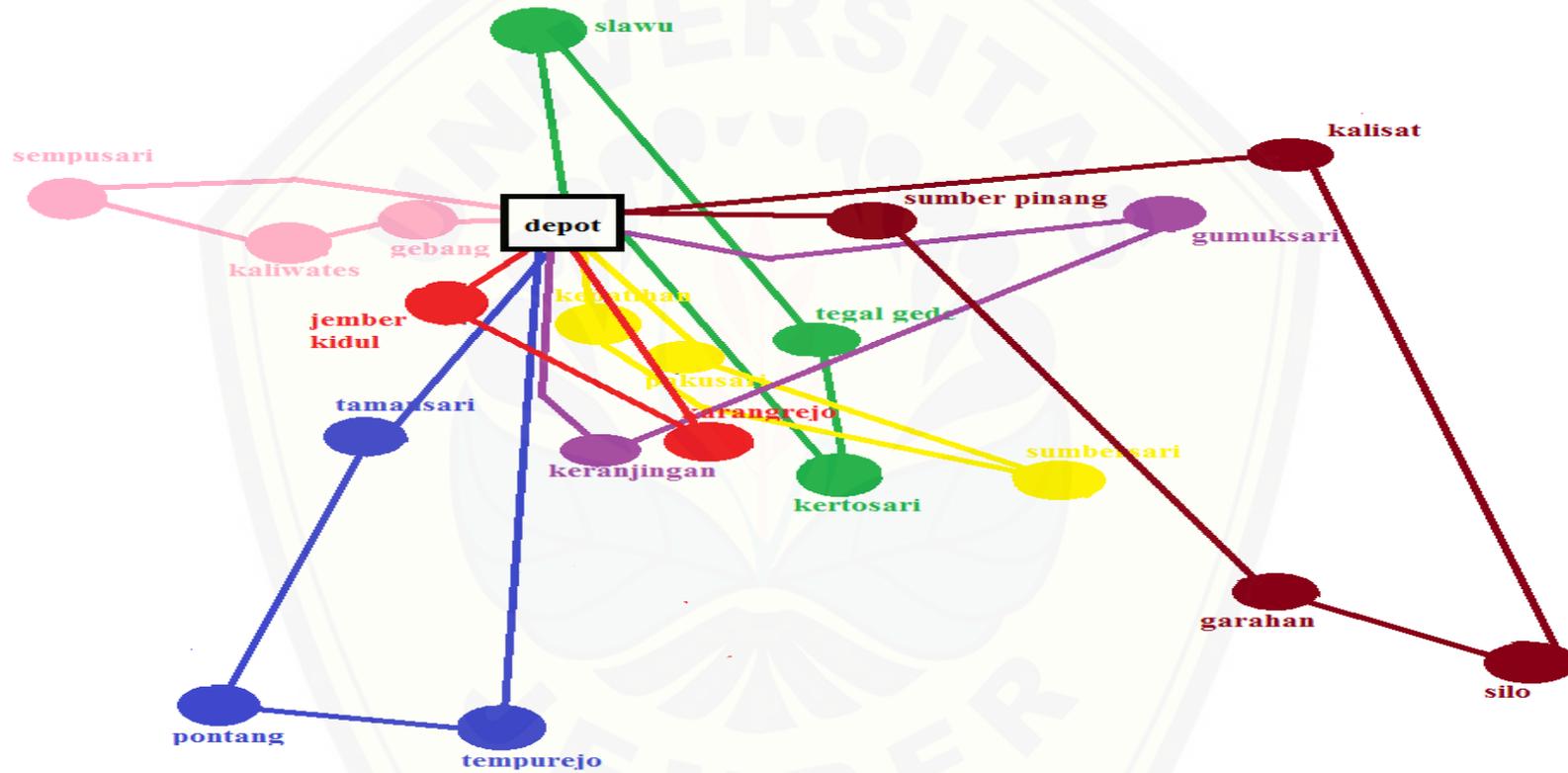
	Sumbersari	Kalisat	Gumuksari	Pontang	Tempurejo	Garahan	Silo	Kertosari	Pakusari	Sumberpinang	Tamansari
Depot	4,5	14,5	12,4	31,2	40,9	30,2	42,4	10,9	13	1,2	21
Gebang	5,5	15,7	13,7	30,6	41,4	30,7	42,9	11,4	13,5	12,4	21,5
Slawu	6,6	16,5	14,5	32,2	43	32,2	44,4	13	15,1	13,3	23,1
Kaliwates	7,1	18,5	16,5	26,7	39,1	31,4	43,6	13,1	15,2	15,3	19,3
Kepatihan	3,4	14,9	12,9	30,2	38,5	27,8	40	8,5	10,6	11,8	18,6
Sempusari	7,5	18,9	16,9	25,4	39	32,7	44,9	13,5	15,5	15,7	21,3
Jember Kidul	4	15,5	13,4	27,8	41,4	29,2	41,4	10	12,1	12,2	22
Karangrejo	1,1	12,8	12,2	33,4	38,9	24,8	37	5,5	7,6	5	19
Kranjangan	5	15	13,6	28,3	35,7	25,8	38	6,5	8,6	9,8	15,8
Tegal Gede	4,1	12,3	10,4	33,6	41,4	27,7	39,9	8,5	10,6	8,7	21,5
Sumbersari	0	13,3	9,9	32,6	39,8	25,7	37,9	6,4	8,5	5,5	19,9
Kalisat	13,3	0	3,4	42,3	49	21,5	31,8	8,7	7,8	7	24
Gumuksari	9,9	3,4	0	42,1	47,2	22,5	33,6	7	6,2	5,4	25
Pontang	32,6	42,3	42,1	0	23,8	50	62,2	30,7	32,8	34	18,4
Tempurejo	39,8	49	47,2	23,8	0	59,7	71,9	40,4	42,5	43,7	27,5
Garahan	25,7	21,5	22,5	50	59,7	0	13,2	22	20,1	25	32,5
Silo	37,9	31,8	33,6	62,2	71,9	13,2	0	33,4	31,6	36,5	44,7
Kertosari	6,4	8,7	7	30,7	40,4	22	33,4	0	3	3,3	23,4
Pakusari	8,5	7,8	6,2	32,8	42,5	20,1	31,6	3	0	6,1	21,6
Sumberpinang	5,5	7	5,4	34	43,7	25	36,5	3,3	6,1	0	26,5
Tamansari	19,9	24	25	18,4	27,5	32,5	44,7	23,4	21,6	26,5	0

LAMPIRAN B. Hasil Percobaan Optimal

Algoritma	Rute	Total jarak	Iterasi konvergen	Running time
HS	Rute1= depot-tempurejo – pontang – tamansari-depot; kapasitas= 77 karton Rute2= depot-slawu – tegalgede – kertosari-depot; kapasitas = 60 karton Rute3= depot-kepatihan – pakusari – sumbersari-depot; kapasitas = 121 karton Rute4= depot-keranjingan – gumuksari-depot ; kapasitas = 35 karton Rute5= depot-gebang – kaliwates – sempusari-depot; kapasitas = 39 karton Rute6= depot-jember kidul – karangrejo-depot; kapasitas = 56 karton Rute7= depot-kalisat – silo – garahan – sumber pinang-depot; kapasitas= 101 karton	311,8	818	2,3937
TS	Rute1, Rute2, dan Rute 5= 0; kapasitas=0 karton Rute3= depot- sumber pinang - kalisat - gumuksari - silo - garahan - pakusari - kertosari - karangrejo - tegal gede-depot; kapasitas=153 karton Rute4=depot-kepatihan-depot; kapasitas=12 karton Rute6= depot-sumbersari - keranjingan - tamansari - tempurejo - pontang - sempusari - kaliwates - jember kidul-depot; kapasitas=281 karton Rute7= depot-gebang – slawu-depot; kapasitas= 43 karton	219,1	974	114,3132

Digital Repository Universitas Jember

LAMPIRAN C. Gambar Rute Optimal Algoritma *Harmony Search*



LAMPIRAN D. Gambar Rute Opimal Algoritma *Tabu Search*

