

# **APLIKASI HYBRID FIREFLY ALGORITHM UNTUK PEMECAHAN MASALAH TRAVELING SALESMAN: STUDI KASUS PADA PT ANUGERAH MANDIRI SUCCESS**

**J. Sudirwan; Siti Nur Fadlilah; Teguh**

Information Systems Department, School of Information Systems, Binus University  
Jl. K.H. Syahdan No. 9, Palmerah, Jakarta Barat 11480  
jsudirwan@yahoo.com; nurfadlilah@binus.ac.id; teguhfx.binus@gmail.com

## **ABSTRACT**

*Determining a good route is a major problem in a transport process in the company. This case study aims to overcome the problem of determining the route or often called the Traveling Salesman Problem (TSP) is optimal. This problem will be solved by the optimization method in determining the route, which is more systematic in PT Anugerah Mandiri Success. Metaheuristic methods, such as Hybrid Firefly Algorithm is used to assist the system in the process of determining the route. Hybrid Firefly Algorithm combines heuristic method of Nearest Neighbor Heuristic with metaheuristic method of Levy Flight Discrete Firefly Algorithm. The indicators used in this case study are the total distance traveled and total fuel used. Methods Object Oriented Analysis and Design (OOAD) is used to develop an information system, which consists of determining system requirements, system architecture design, and design to the trials of the system were developed. The results of the constructed system provide a solution in the form of route determination with a total distance of 165.1 kilometers with a fuel consumption of 11,793 liters. These results are much better when compared with historical data that has a total distance of 260.8 kilometers with a fuel consumption of 18,628 liters.*

**Keywords:** *determination of the route, mileage, Traveling Salesman Problem, Object Oriented Analysis and Design, Hybrid Firefly Algorithm*

## **ABSTRAK**

*Menentukan rute yang baik merupakan permasalahan utama dalam proses transportasi yang ada di perusahaan. Studi kasus ini bertujuan untuk mengatasi masalah penentuan rute atau yang sering disebut dengan Traveling Salesman Problem (TSP) yang optimal. Permasalahan ini akan diselesaikan dengan metode optimalisasi dalam penentuan rute yang lebih sistematis pada PT Anugerah Mandiri Success. Metode metaheuristik berupa Hybrid Firefly Algorithm digunakan untuk membantu sistem dalam proses penentuan rute. Hybrid Firefly Algorithm menggabungkan metode heuristik Nearest Neighbor Heuristic dengan metode metaheuristik Levy Flight Discrete Firefly Algorithm. Indikator yang digunakan dalam studi kasus ini ialah total jarak tempuh dan total penggunaan bahan bakar. Metode Object Oriented Analysis and Design (OOAD) digunakan untuk mengembangkan sistem informasi, yang terdiri dari penentuan kebutuhan sistem, perancangan arsitektur sistem, dan perancangan sampai dengan uji coba dari sistem yang dikembangkan. Hasil dari sistem yang dibangun memberikan solusi berupa penentuan rute dengan total jarak 165,1 kilometer dengan konsumsi bahan bakar sebanyak 11,793 liter. Hasil tersebut jauh lebih baik apabila dibandingkan dengan data historis yang mempunyai total jarak 260,8 kilometer dengan konsumsi bahan bakar sebanyak 18,628 liter.*

**Kata kunci:** *penentuan rute, jarak tempuh, Traveling Salesman Problem, Object Oriented Analysis and Design, Hybrid Firefly Algorithm*

## PENDAHULUAN

Dunia manufaktur yang menghasilkan aneka macam produk tidak bisa terlepas dari proses penjualan. Pengaturan rute terbaik untuk proses penjualan sering terlupakan sehingga mengakibatkan sistem transportasi menjadi buruk yang berdampak pada pembengkakan biaya. Permasalahan yang terkait dengan pengaturan rute dari proses pemasaran dan penagihan bisa dikatakan sebagai Traveling Salesman Problem (TSP). TSP sendiri merupakan topik yang sangat menarik di bidang optimalisasi dan masih hangat diperbincangkan (Tadei, Perboli, & Perfetti, 2013). Akan tetapi, permasalahan optimalisasi yang akan diangkat tidaklah mudah untuk dapat diselesaikan (Gharan, Saberi, & Singh, 2011). Pokok permasalahan di sini ialah bagaimana meminimalkan total biaya di mana total biaya merupakan hasil dari perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan perjalanan dari suatu tempat dengan melewati semua tempat tujuan tepat satu kali dan kembali ke tempat semula (Rego, Gamboa, Glover, & Osterman, 2011).

Dalam studi kasus yang dilakukan di PT Anugerah Mandiri Success, masalah optimasi yang dihadapi ialah *Assymetric Traveling Salesman Problem* (ATSP) yang akan mengacu pada data keterlambatan yang terjadi selama periode pengumpulan data dilakukan. Hal ini pada akhirnya akan diselesaikan dengan pendekatan *heuristic* dan *metaheuristic* yaitu berupa gabungan algoritma *Nearest Neighbor Heuristic* (NNH) dan *Levy-Flight Discrete Firefly Algorithm* (LDFA) yang untuk selanjutnya akan dinamakan dengan *Hybrid Firefly Algorithm* (HFA).

NNH merupakan algoritma *heuristic* yang sudah sering digunakan untuk memecahkan masalah TSP (Pimentel, 2011). Sedangkan, LDFA merupakan algoritma yang terinspirasi pada gerakan sekumpulan kunang-kunang yang terbang bersamaan di udara dalam mencari makanan. Algoritma ini akan mencari solusi yang paling optimal untuk diterapkan dalam masalah ATSP (Yang, 2010a). Pada (Jati & Suyanto, 2011) dan (Kumbharana & Pandey, 2013) telah dibuktikan bahwa algoritma kunang-kunang mampu memecahkan permasalahan TSP.

Pada studi kasus ini juga akan dirancang sebuah sistem informasi yang akan memecahkan permasalahan ATSP. Sistem yang dibangun berorientasi kepada MIS (*Management Information System*) di mana sistem merupakan bagian terintegrasi dari manajemen yang ada di perusahaan untuk membantu proses pengambilan keputusan (Sorensen & Fountas, 2010). MIS sendiri nantinya akan membantu pencapaian dari strategi yang akan digunakan (Naranjo-Gil, 2009).

Mengenai perusahaan tempat studi kasus ini dilakukan, PT Anugerah Mandiri Success merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang distributor produk kebutuhan sehari-hari. Proses pemasaran yang dimaksudkan pada studi kasus ini ialah proses pemasaran konvensional di mana terdapat seorang *sales person* yang menawarkan produk kepada konsumen di suatu tempat secara langsung. Nantinya *sales person* akan mencatat dan memberikan informasi kepada bagian penjualan yang ada di perusahaan apabila ada konsumen yang memang berniat ingin membeli produk yang ditawarkan.

Fokus pada permasalahan yang akan dibahas ialah bagaimana meminimalkan jarak tempuh pada proses transportasi melalui pengaturan rute transportasi yang baik. Berikut merupakan beberapa poin utama yang merupakan permasalahan yang ada: (1) Apakah HFA dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam proses penentuan rute transportasi pemasaran dan penagihan yang ada di perusahaan? (2) Bagaimana hasil implementasi HFA pada permasalahan penentuan rute transportasi pemasaran dan penagihan yang ada di perusahaan untuk mengurangi jarak tempuh dan meminimalkan biaya bahan bakar? (3) Bagaimana usulan sistem informasi dapat membantu proses penentuan rute transportasi pemasaran dan penagihan?

### Traveling Salesman Problem (TSP)

TSP merupakan sebuah permasalahan yang sudah umum dalam bidang optimasi dimana seorang *salesman* harus mengunjungi sejumlah  $N$  kota, dimana kota-kota tersebut hanya dikunjungi tepat satu kali. *Salesman* harus memilih rute terbaik sehingga jarak yang ia tempuh minimum. Dalam (Santosa & Willy, 2011) masalah ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \min z &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{ij} x_{ij} \\ \text{subject to:} \\ \sum_{i=1}^N x_{ij} &= 1, j = 1, 2, \dots, N \\ \sum_{j=1}^N x_{ij} &= 1, i = 1, 2, \dots, N \\ u_i - u_j + Nx_{ij} &\leq N - 1 \\ & i \neq j, i = 2, \dots, N, j = 2, \dots, N \text{ \& } u_i, u_j \geq 0 \end{aligned}$$

Di mana:

$c_{ij}$  = jarak antara kota  $i$  ke kota  $j$

$x_{ij}$  bernilai 1 jika  $ij$  masuk ke dalam rute dan 0 jika  $ij$  tidak merupakan bagian dari rute

### Nearest Neighbor Heuristic (NNH)

NNH merupakan suatu metode heuristik untuk memecahkan masalah TSP. NNH dimulai dengan cara memilih satu *node* awal sebagai inisiasi dan secara bertahap menambahkan rute ke *node* yang terdekat dari *node* sebelumnya. Kondisi ini berlangsung sampai semua *node* yang ada selesai dikunjungi tepat sebanyak satu kali (Pimentel, 2011). NNH sendiri nantinya akan digunakan sebagai inisiasi awal pada metode metaheuristik (Kumbharana & Pandey, 2013). Dalam (Reinelt, 1994), prosedur sederhana dari NNH digambarkan sebagai berikut:

1. Select an arbitrary node  $j$ , set  $l = j$  and  $T = \{1, 2, \dots, n\} \setminus \{j\}$ .
2. As long as  $T \neq \emptyset$  do the following:
  - a. Let  $j \in T$  such that  $c_{lj} = \min \{c_{lk} \mid k \in T\}$
  - b. Connect  $l$  to  $j$  and set  $T = T \setminus \{j\}$  and  $l = j$ .
3. Connect  $l$  to the first node (selected in Step (1)) to form a tour

### Lévy-Flight Discrete Firefly

LDFA merupakan sebuah algoritma optimasi dengan pendekatan metaheuristik yang adalah hasil pengembangan dari *Firefly Algorithm* yang terpengaruh dengan gerakan *Lévy-Flight*. *Firefly* sendiri merupakan algoritma yang mudah diterapkan, terus berkembang, dan telah mampu memecahkan berbagai permasalahan optimasi (Yang, 2009). LDFA sendiri memiliki logika komputasi atau *pseudocode* sebagai berikut (Yang, 2010b):

**begin**

Objective function  $f(x)$ ,  $x = (x_1, \dots, x_n)^T$   
Generate initial population of fireflies  $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$   
Light intensity  $I_i$  at  $x_i$  is determined by  $f(x_i)$   
Define light absorption coefficient  $\gamma$   
**while** ( $t < \text{MaxGeneration}$ )  
  **for**  $i = 1 : n$  all  $n$  fireflies  
    **for**  $j = 1 : i$  all  $n$  fireflies

```

if ( $I_j > I_i$ )
  Move firefly  $I$  towards  $j$  in  $d$ -dimension via Levy flights
end if
  Attractiveness varies with distance  $r$  via  $\exp[-\gamma r]$ 
  Evaluate new solutions and update light intensity
end for  $j$ 
end for  $i$ 
Rank the fireflies and find the current best
end while
Postprocess results and visualization
end

```

Berikut ini merupakan penjelasan dari *pseudocode* yang digambarkan dengan tiga konsep utama yang ada pada algoritma kunang-kunang:

Intensitas Cahaya – Merupakan sebuah indikasi yang menentukan apakah kunang-kunang melakukan perpindahan atau tidak. Pada permasalahan ini, intensitas dari kunang-kunang digambarkan dengan rumus:

$$I = \frac{1}{f(x)}$$

Di mana nilai  $f(x)$  adalah total dari jarak yang ditempuh.

Jarak – Jarak antara sebaran kunang-kunang diukur menggunakan diagram Cartesian yang menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$r_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{i,k} - x_{j,k})^2}$$

Di mana:

$r_{ij}$  = jarak antara kunang-kunang  $i$  dan  $j$

$x_{i,k}$  = nilai dimensi  $k$  pada kunang-kunang  $i$

$x_{j,k}$  = nilai dimensi  $k$  pada kunang-kunang  $j$

Pergerakan – Berikut merupakan rumus pergerakan dari kunang-kunang yang dipengaruhi oleh *Levy-Flight*:

$$x_i = x_i + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}} (x_j - x_i) + \alpha \text{sign} \left[ \text{rand} - \frac{1}{2} \right] \oplus \text{Levy}$$

$$\text{Levy} \sim u = t^{-\lambda} \quad (1 < \lambda \leq 3)$$

Di mana:

$x_i$  = posisi kunang-kunang  $i$

$\beta_0$  = daya tarik kunang-kunang pada posisi 0

$\gamma$  = koefisien penyerapan cahaya

$\alpha$  = koefisien bilangan random

$t$  = jumlah iterasi

$\lambda$  = konstanta lamda

$r_{ij}$  = jarak antara kunang-kunang  $i$  dan  $j$

## Object Oriented Analysis & Design

OOAD digunakan untuk menggambarkan apa yang menjadi kebutuhan sistem yang dilandaskan pada keinginan konsumen (Satzinger, Jackson, & Burd, 2010). OOAD sendiri nantinya akan menggunakan UML (*Unified Modeling Language*) yang merupakan bentuk penggambaran baku dari OOAD sendiri (Satzinger, Jackson, & Burd, 2010). Berikut beberapa *tools* yang akan digunakan dalam proses analisis dan perancangan sistem informasi berdasarkan konsep OOAD (Satzinger, Jackson, & Burd, 2010):

### *Requirement Analysis:*

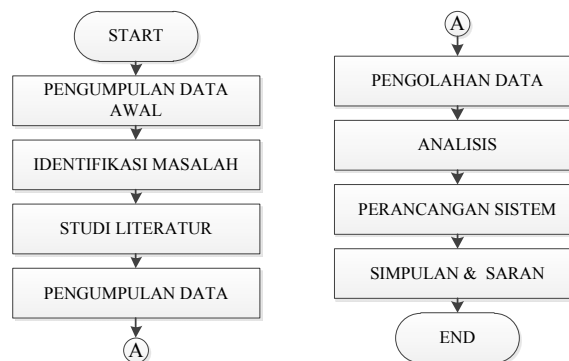
- *Activity Diagram*
- *Event Table*
- *Use Case Diagram*
- *Use Case Description*
- *Domain Class Diagram*
- *Activity-Data Matrix*
- *State Transition Diagram*
- *System Sequence Diagram*
- *Storyboarding*

### *Design System*

- *First-Cut Class Diagram*
- *Deployment Environment*
- *Software Architecture*
- *Completed Three-Layer Sequence Diagram*
- *Updated Design Class Diagram*
- *Package Diagram*
- *Interface Design Standards*

## METODE

Untuk melaksanakan studi kasus ini, berikut adalah diagram alir yang digunakan:



Gambar 1 Metode Penelitian

Proses pengumpulan data awal merupakan sebuah tahapan di mana pengumpulan data-data dilakukan untuk identifikasi masalah, dengan melakukan *interview* dengan pejabat-pejabat terkait di perusahaan, melakukan observasi langsung untuk melihat dan menganalisis proses bisnis yang sedang berjalan. Masalah yang ada akan disesuaikan dengan proses bisnis pada saat observasi dilakukan. Setelah melakukan pengumpulan data awal, maka penelitian selanjutnya adalah mencoba mengidentifikasi masalah yang ada di dalam perusahaan terkait dengan pergerakan atau *traveling* para *salesman*. Tahapan ini secara jelas akan mendefinisikan dengan detail masalah apa yang akan diangkat untuk proses perancangan sistem informasi. Masalah pengaturan rute kendaraan yang baik dijadikan sebagai masalah utama dalam studi kasus ini.

Tahap berikutnya adalah studi literatur di mana studi literatur merupakan sebuah tahapan dalam mencari artikel penelitian dan studi kasus terkait yang sudah ada guna menunjang kebutuhan dalam pengumpulan data awal dan proses analisis yang akan dilakukan di dalam proses pengaturan rute kendaraan. Pencarian literatur berfokus pada artikel yang membahas HFA dan TSP secara umum dan penggunaan metode HFA untuk menyelesaikan masalah TSP. Setelah studi literatur untuk mendapatkan model TSP terbaik selesai lalu proses pengumpulan data dilakukan. Informasi yang ada nantinya akan dianalisis untuk membantu pemecahan permasalahan yang ada di dalam perusahaan, dengan menguji kesesuaian model yang dipilih untuk memecahkan masalah. Pengumpulan data berfokus kepada proses bisnis perusahaan, data jarak antara depot dan retailer yang akan dikunjungi para salesman.

Setelah data dikumpulkan, lalu proses berlanjut ke pengolahan data. Data diolah menjadi informasi yang berguna untuk menunjang tujuan studi kasus menyelesaikan masalah transportasi salesman. Setelah itu dilakukan pengujian masalah TSP tersebut dengan model atau metode HFA. Proses analisis yang lebih mendalam kemudian dilakukan terhadap hasil pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan metode *hybrid firefly algorithm* (HFA). Hasil analisis yang telah dilakukan terhadap data dan metode akan digunakan untuk dasar analisis dan perancangan sistem informasi. Sistem analisis berfokus kepada ketepatan hasil yang diperoleh dari sistem, waktu proses sistem dan tampilan antar muka yang sesuai dengan kebutuhan para pengguna.

Setelah melakukan uji kesesuaian model dan analisis kebutuhan, dilakukan perancangan sistem yang bertujuan untuk membantu dan menunjang penyelesaian masalah yang ada dan dukungan sistem informasi yang diperlukan untuk mempermudah pengambilan keputusan dalam perusahaan. Pada tahapan akhir dari proses penelitian akan dibuat simpulan yang berfungsi untuk menjawab semua rumusan masalah yang telah dibuat. Selain itu, saran yang berguna akan diberikan untuk proses perbaikan yang mungkin dibutuhkan oleh perusahaan di kemudian hari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Model Dimulai dari Aturan SPV

Dalam penerapan LDFA untuk proses penentuan rute, digunakan sedikit perubahan dengan menjadikan algoritma kunang-kunang menjadi diskrit dengan bantuan aturan *Smallest Position Value* (SPV) (Marichelvam, Prabaharan, & Yang, 2012) untuk mengubah representasi solusi yang ada menjadi representasi urutan permutasi. Berikut merupakan penerapan SPV dengan contoh sepuluh urutan proses penentuan rute yang diilustrasikan pada tabel berikut:

Tabel 1 Solusi Representasi Untuk Sebuah Kunang-kunang

	Dimensi									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f1	0.0265	0.672	0.5909	0.2985	0.503	0.979	0.662	0.153	0.133	0.384
Urutan	1	9	7	4	6	10	8	3	2	5
f2	0.8403	0.9842	0.1339	0.8753	0.340	0.592	0.112	0.711	0.692	0.304
Urutan	8	10	2	9	4	5	1	7	6	3

Dari tabel 1, setiap dimensi menandakan satu urutan proses perjalanan. Nilai  $f_1$  terkecil pertama berada pada dimensi  $j = 1$  sehingga urutan mutasi yang pertama adalah 1 (satu), dan proses berlanjut hingga semua mendapatkan urutan.

## Pergerakan Kunang-Kunang

Pergerakan terjadi jika intensitas antara satu kunang-kunang lebih besar dibanding kunang-kunang yang lain. Pergerakan dilakukan pada setiap dimensi kunang-kunang yang ada ( $x_{ij}$ ). Berikut merupakan contoh perhitungan dari pergerakan kunang-kunang:

Tabel 2 Perhitungan Pergerakan Dua Kunang-kunang

Firefly	Dimensi									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x1	0.0265	0.672	0.5909	0.2985	0.5031	0.9793	0.6618	0.1529	0.1332	0.3837
x2	0.8403	0.9842	0.1339	0.8753	0.3396	0.5924	0.1123	0.7111	0.6924	0.3044
x1'	0.6334	0.9295	0.3126	0.7403	0.4292	0.7498	0.3191	0.5818	0.5628	0.3684

Pada penggambaran di tabel 2, kunang-kunang ke 1 memiliki intensitas yang lebih kecil dibandingkan dengan kunang-kunang ke 2. Hal itu mengakibatkan kunang-kunang ke 1 berpindah mengikuti kunang-kunang ke 2. Berikut merupakan perhitungan dari proses pergerakan kunang-kunang ke 1 dengan nilai random yang digunakan ialah sebesar 0.7:

$$x1' = 0.0265 + 1e^{-\frac{0.5}{10} \sqrt{1.333333}} + 0.2 \left[ 0.7 - \frac{1}{2} \right] \times 1^{-\frac{0.5}{10}}$$

$$x1' = 0.6334$$

Perhitungan dilanjutkan hingga semua dimensi dari kunang-kunang selesai dibandingkan intensitasnya dan dihitung perpindahannya. Setelah itu barulah digunakan aturan SPV untuk proses permutasi dari urutan yang ada.

## Implementasi Algoritma HFA

Implementasi algoritma HFA ini terdiri dari dua proses utama, yaitu penentuan parameter yang digunakan dan proses iterasi berulang dengan NNH sebagai inisiasi solusi yang berperan sebagai batasan iterasi. Parameter yang digunakan pada algoritma HFA ini adalah (Jati & Suyanto, 2011) & (Yang, 2010b):

Tabel 3 Pengaturan Parameter Algoritma LDFA

Simbol	Keterangan	Nilai	Simbol	Keterangan	Nilai
$n$	Jumlah Populasi	15	$\beta_o$	Konstanta Ketertarikan	1
$t$	Jumlah Iterasi	120	$\gamma$	Konstanta <i>Gamma</i>	0,15
$\alpha$	Konstanta <i>Alpha</i>	0,5	$\lambda$	Konstanta <i>Lévy</i>	1,5

Berikut merupakan hasil dari implentasi algoritma HFA:

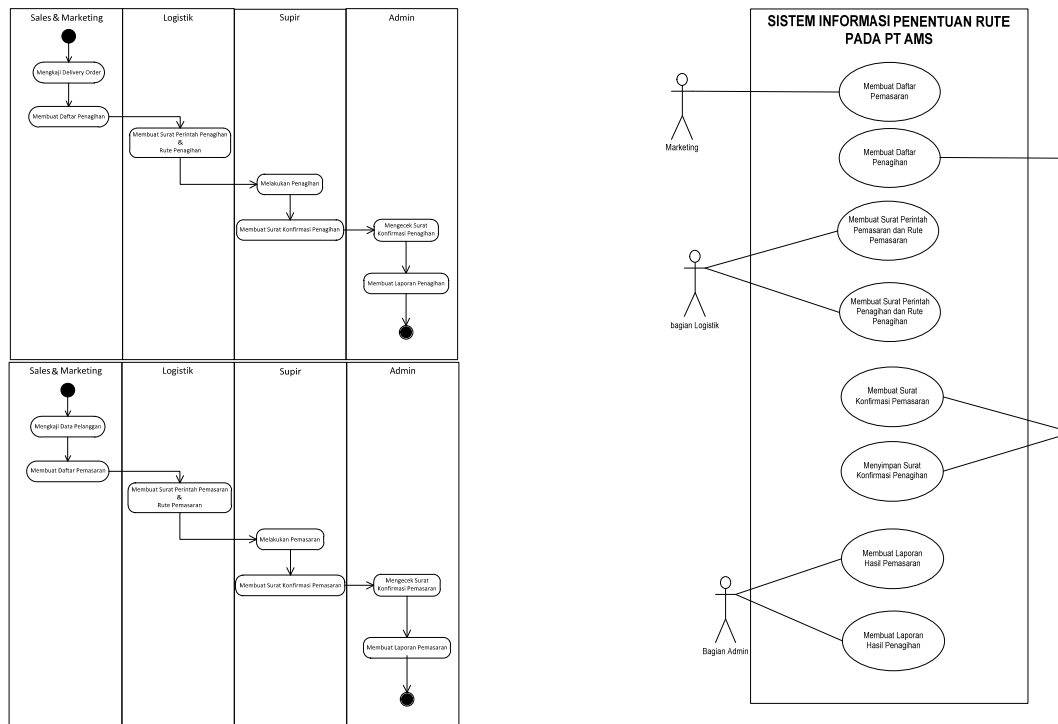
Tabel 4 Hasil dari Implentasi Algoritma HFA

Percobaan ke	22 April 2013	NNH	LDFA	HFA
1	260,8	183,74	187,24	178,60
2	260,8	183,74	179,00	169,50
3	260,8	183,74	177,40	165,10
4	260,8	183,74	200,64	173,90
5	260,8	183,74	192,60	183,70
6	260,8	183,74	197,10	183,04
7	260,8	183,74	224,70	182,40
8	260,8	183,74	218,34	182,74
9	260,8	183,74	190,00	177,20
10	260,8	183,74	169,20	172,44

Proses perhitungan dijalankan pada komputer dengan spesifikasi Intel Core i7 2,0 GHz CPU dengan 4GB DDR3 RAM dan dijalankan dengan bahasa pemrograman Matlab. Adapun sistem dokumentasi untuk hasil dari proses komputasi menggunakan bahasa pemrograman C#. Data yang digunakan ialah data keterlambatan yang terjadi pada tanggal 22 April 2013. Teknik perhitungan dan penerapan menunjukkan kesesuaian metode dan model digunakan sebagai alat pemecahan masalah, dan layak digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan TSP diperusahaan. Pemecahan masalah yang rumit ini harus didukung oleh sistem informasi, agar dapat memberikan hasil maksimal bagi perusahaan.

## Analisis Sistem Informasi

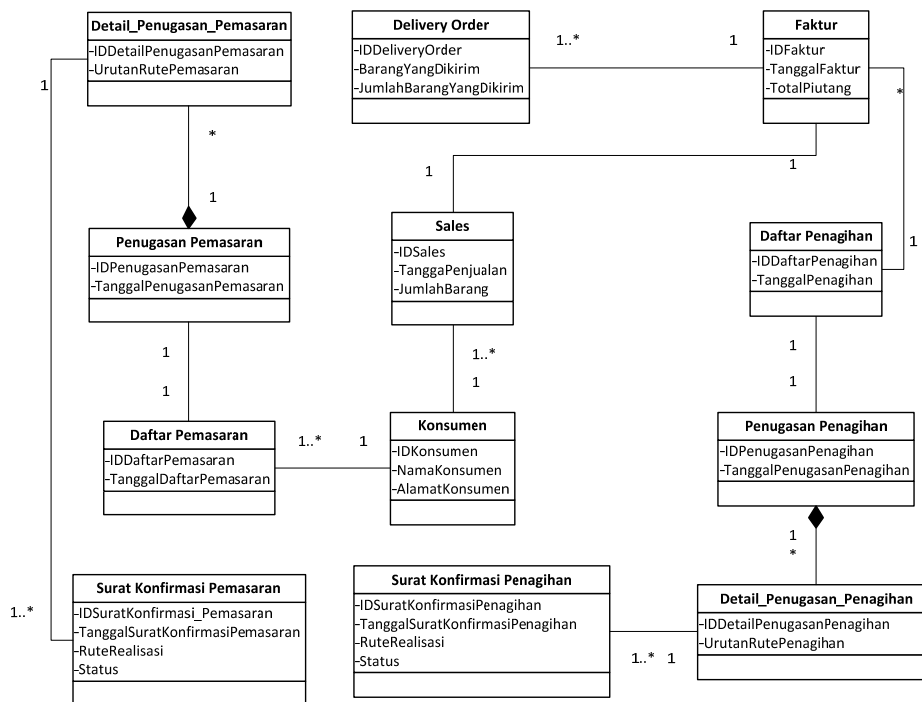
Analisis pada perancangan sistem informasi proses penjadwalan dimulai dengan menentukan kebutuhan dari sistem. Kebutuhan ini digambarkan dengan proses *input* dan *output* dari proses bisnis yang ada yang digambarkan dengan *Activity Diagram*. Sedangkan untuk menganalisa fungsional dari sistem digunakan *Usecase Diagram*. Berikut merupakan penggambaran dari dua diagram tersebut:



Gambar 2 Activity Diagram dan Usecase Diagram

Selanjutnya digunakan *Domain Class Diagram* untuk menggambarkan kebutuhan data dari sistem informasi yang dibangun. Diagram ini penting untuk perancangan sistem karena setiap data memiliki atribut yang merupakan informasi untuk sistem.

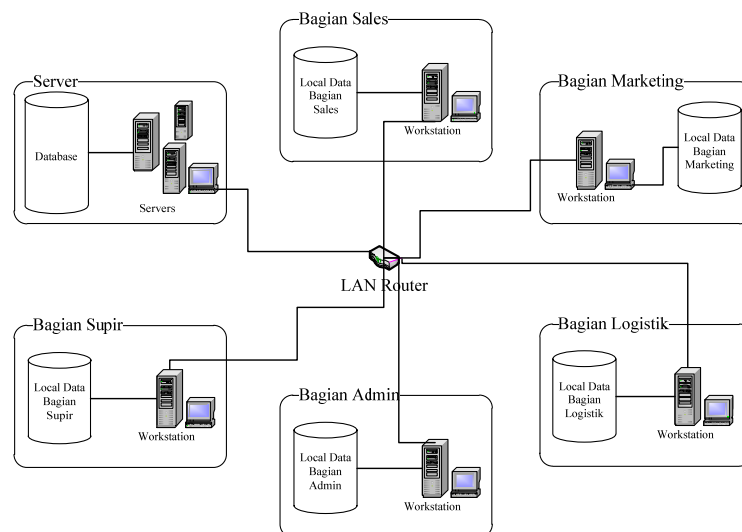




Gambar 3 Domain Class Diagram

## Desain Sistem Informasi

Desain dimulai dengan mengembangkan kebutuhan data dari setiap arsitektur sistem. Setelah itu, ditentukan *design environment* dari sistem. Kemudian, dilakukan perancangan pada fungsi sistem dan arsitektur data yang telah dilengkapi dengan operasi dari setiap objek yang ada. Terakhir adalah menggambarkan hubungan dari sistem itu sendiri. Hasil dari perancangan desain ialah sistem yang memiliki fungsi yang telah ditentukan sebelumnya. Arsitektur dari sistem informasi yang dirancang menggunakan jenis arsitektur *client* dan *server*. Berikut adalah penggambarannya:



Gambar 4 Arsitektur Sistem Dibangun

## Pengujian Sistem Informasi

Setelah sistem selesai dibangun, maka dilakukan pengujian terhadap sistem yang dibangun. Dari hasil testing yang ada ditemukan beberapa fakta, yaitu: (1) Dalam operasional sistem, digunakan matlab sebagai *tools* yang menunjang *Business Processing* yang dilakukan oleh C#. (2) Sistem yang dibangun mampu meminimalisasi kegiatan manual, mulai dari proses input data hingga penyediaan laporan. Sistem juga mampu menampilkan laporan dalam bentuk grafik yang berfungsi sebagai alat bantu untuk pihak manajemen dalam pengambilan keputusan di masa mendatang. (3) Penentuan rute dapat dilakukan dengan cepat dan memberikan hasil yang lebih baik. (4) Sistem manajemen data menjadi lebih terintegrasi. (5) Database pada *tools* matlab yang dibangun merupakan *database local* pada komponen matlab yang sudah digabungkan ke dalam satu *package*. (6) Koneksi sistem dengan *database local* dan *hardware (printer)* dapat berjalan dengan cukup baik dan tidak ditemukan masalah yang cukup berarti.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang ditemukan dari studi kasus yang ada, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: (1) HFA memberikan hasil yang lebih baik daripada metode NNH dan LDFA dalam proses penentuan rute transportasi pemasaran dan penagihan. (2) Pada permasalahan penentuan rute transportasi pemasaran dan penagihan yang ada di perusahaan untuk mengurangi jarak tempuh dan meminimalkan biaya bahan bakar, HFA memberikan hasil jarak tempuh sejauh 165.1 km dengan konsumsi bahan bakar sebesar 11.793 liter untuk perjalanan pada tanggal 22 April 2013. (3) Sistem informasi mampu membantu proses transportasi bekerja lebih efektif dan efisien. Sistem informasi memungkinkan proses penentuan rute yang lebih sistematis. Selain itu, sistem yang dibangun juga mampu memberikan laporan sehingga proses transportasi yang ada dapat lebih dimonitor.

Adapun saran yang dapat diusulkan kepada PT Anugerah Mandiri Success adalah sebagai berikut: (1) Diperlukan pelatihan dalam penggunaan sistem yang dibangun agar proses implementasi dapat berjalan dengan baik. Pelatihan berguna untuk membentuk SDM yang mempunyai kualifikasi yang lebih baik. Adapun resiko dalam menjalankan saran ini ialah perlunya waktu dan biaya dalam melakukan proses pelatihan. (2) Untuk dapat meminimalkan rute yang ditempuh, diperlukan adanya studi lebih lanjut dalam penentuan parameter yang berguna untuk meminimalkan hasil dari HFA terkait dengan hasil bilangan random yang berubah-ubah. Dapat dilihat dari hasil analisis yang dilakukan, dari parameter yang ditetapkan perusahaan mampu menghemat Rp.37.596,00 dari penggunaan bahan bakar saja. Hal ini dapat dilakukan sebagai masukan untuk penelitian di kemudian hari agar menghasilkan bentuk penentuan rute yang lebih sempurna. (3) PT Anugerah Mandiri Success perlu memperhatikan faktor kemacetan dalam proses penentuan rute yang tentunya akan membantu perusahaan untuk meminimalisasi beban operasional, baik dari waktu ataupun biaya. Dengan kata lain, apabila faktor kemacetan diperhitungkan dengan lebih baik, maka akan memberikan sebuah bentuk penentuan rute yang mampu memberikan solusi dalam kondisi tertentu. (4) PT Anugerah Mandiri Success perlu memperhatikan spesifikasi minimum dari perangkat dan jaringan agar sistem dapat berjalan dengan baik. Apabila sistem dapat berjalan dengan baik, tentunya perusahaan akan dapat menentukan rute dengan lebih cepat. Sebaliknya, apabila sistem tidak dapat diimplementasikan maka perusahaan akan sulit untuk mengimplementasi sistem yang dibangun. Resiko yang harus diambil ialah perusahaan harus menyediakan komputer yang memiliki Matlab dan C# sebagai builder dari program yang ada. (5) Perlu adanya pengembangan dalam proses implementasi Matlab dengan sistem informasi yang lebih baik agar komponen dari Matlab dapat langsung terhubung. Dengan penggabungan yang baik maka proses perpindahan input data dapat berjalan lebih baik yang mana akan meningkatkan performa dari sistem penentuan rute itu sendiri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gharan, S. O., Saberi, A., Singh, M. (2011). A Randomized Rounding Approach to the Traveling Salesman Problem. *FOCS '11 Proceedings of the 2011 IEEE 52nd Annual Symposium on Foundations of Computer Science*, 550-559.
- Jati, G. K., Suyanto. (2011). Evolutionary Discrete Firefly Algorithm for Travelling Salesman Problem. *Adaptive and Intelligent Systems Second International Conference, ICAIS 2011*, 393-403.
- Kumbharana, S. N., Pandey, G. M. (2013). Solving Travelling Salesman Problem using Firefly Algorithm. *International Journal for Research in Science & Advanced Technologies*, 2(2), 53-57.
- Marichelvam, M. K., Prabaharan, T., Yang, X. S. (2012). A Discrete Firefly Algorithm for the Multiobjective Hybrid Flowshop Scheduling Problems. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation TEVC-00124-2012*, 3.
- Naranjo-Gil, D. (2009). Management information systems and strategic performances: The role of top team composition. *International Journal of Information Management*, 29, 105.
- Pimentel, F. G. (2011). Double-ended nearest and loneliest neighbour – a nearest neighbour heuristic variation for the traveling salesman problem. *Revista de Ciencias da Computacao*, 6, 17-30.
- Rego, C., Gamboa, D., Glover, F., & Osterman, C. (2011). Traveling salesman problem heuristics: Leading methods, implementations and latest advances. *European Journal of Operation Research*, 211, 427-441.
- Reinelt, G. (1994). *The Traveling Salesman - Computational Solutions for TSP Applications*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Santosa, B., Willy, P. (2011). *Metoda Metaheuristik Metoda dan Implementasi*. Surabaya: Guna Widya.
- Satzinger, J. W., Jackson, R. B., Burd, S. D. (2010). *System Analysis and Design in a Changing World*. Boston: Course Technology.
- Sorensen, C. G., Fountas, S. (2010). Conceptual model of a future farm management information system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 72, 38.
- Tadei, R., Perboli, G., & Perfetti, F. (2013). The Multi-Path Traveling Salesman Problem with Stochastic Travel Costs. *Cirrelt*, 1, 1-12.
- Yang, X.-S. (2009). Firefly Algorithms for Multimodal Optimization. *Stochastic Algorithms: Foundations and Applications SAGA*, 5792, 169-178.
- Yang, X. S. (2010a). *Engineering Optimization*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Yang, X.-S. (2010b). Firefly algorithm, Levy flights and global optimization. *Research and Development in Intelligent Systems XXVI*, 26, 209-218.