

**PENERAPAN *MODIFIED FIREFLY ALGORITHM*
UNTUK MENYELESAIKAN *VEHICLE ROUTING*
PROBLEM WITH SIMULTANEOUS DELIVERY AND
*PICKUP***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar
sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh :

Nama : Kevin Octavianus
NPM : 2014610142



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**

2018



**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Kevin Octavianus
NPM : 2014610142
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : *PENERAPAN MODIFIED FIREFLY ALGORITHM
UNTUK MENYELESAIKAN VEHICLE ROUTING
PROBLEM WITH SIMULTANEOUS DELIVERY AND
PICKUP*

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Agustus 2018

Ketua Program Studi Teknik Industri

(Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.)

Dosen Pembimbing I

(Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.)

Dosen Pembimbing II

(Fran Setiawan, S.T., M.Sc.)



Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan



Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Kevin Octavianus

NPM : 2014610142

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan judul :

*"PENERAPAN MODIFIED FIREFLY ALGORITHM UNTUK MENYELESAIKAN
VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH SIMULTANEOUS DELIVERY AND
PICKUP"*

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung,

Kevin Octavianus

NPM: 2014610142

ABSTRAK

Salah satu permasalahan yang berada dalam bidang industri adalah bidang distribusi. Salah satu biaya paling besar pada distribusi adalah biaya transportasi. *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup* (VRPSDP) merupakan permasalahan mencari rute terpendek untuk memimaskan biaya transportasi. Dalam VRPSDP terdapat dua macam pelayanan yang dilakukan, pengiriman barang ke pelanggan dan pengambilan barang dari pelanggan. Terdapat satu depot sebagai lokasi awal dan akhir setiap kendaraan. Barang yang akan dikirim ke pelanggan harus berasal dari depot dan barang yang akan diambil dari pelanggan harus kembali ke depot. Setiap pelanggan hanya akan dilayani satu kali.

Permasalahan akan diselesaikan menggunakan *Modified Firefly Algorithm* (MFA) dikarenakan pada *Firefly Algorithm* (FA) menghasilkan solusi yang lebih buruk. FA merupakan salah satu metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku kunang-kunang melakukan pergerakan ke kunang-kunang yang lebih terang. FA akan melakukan dua pergerakan yaitu pergerakan tertarik dengan kunang-kunang lain (eksploitasi) dan pergerakan acak (eksplorasi). Pada MFA, dilakukan modifikasi pergerakan acak (eksplorasi) untuk kunang-kunang yang memiliki intensitas yang lebih besar. Namun jika hasil intensitas lebih buruk dari sebelumnya maka kunang-kunang akan diam.

Pada penentuan parameter, terdapat 36 kombinasi dengan empat parameter dengan level terdiri dari dua sampai dengan tiga. Berdasarkan hasil yang didapat dengan menggunakan MFA, solusi lebih baik daripada *Cluster Insertion Heuristic* dan *Cluster First of Route-Second Approach* untuk ketiga kasus pertama. Terdapat perbedaan sekitar 1-10% lebih baik. Sedangkan untuk sisa kasus lebih buruk daripada *Cluster Insertion Heuristic*, *Cluster First of Route-Second Approach*, *Ant Colony Optimization* dan *Reactive Tabu Search*. Terdapat perbedaan lebih dari 10% lebih buruk. Berdasarkan uji ANOVA, setiap kasus memiliki parameter yang berpengaruh berbeda-beda.

ABSTRACT

One of the problems on industry field is distribution. One of the biggest cost of distribution is the cost of transportation. Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup (VRPSDP) is the problem of finding the shortest route to minimize transportation costs. In VRPSDP there are two kinds of services that are done, namely the delivery of goods to customers and the taking of goods from customers. There is one depot as the starting and ending location of each vehicle. Goods to be shipped to the customer must come from the depot and the goods to be taken from the customer must return to the depot. Each customer will only be served once.

Problems will be solved using Modified Firefly Algorithm (MFA) because the Firefly Algorithm (FA) results in a worse solution. The FA is one of the metaheuristics that is inspired by the firefly behavior of moving into lighter fireflies. The FA will do two movements: movement is attracted to other fireflies (exploitation) and random movement (exploration). In MFA, modification of exploration movements for fireflies has a greater intensity. But if the intensity results are worse than before then the fireflies won't be moved.

In the parameter determination, there are 36 combinations with four parameters with levels consisting of two to three. Based on the results obtained using MFA, the solution is better than Cluster Insertion Heuristic and Cluster First of Route-Second Approach for the first three cases. There is a difference of about 1-10% better. As for the rest of the case worse than Cluster Insertion Heuristic, Cluster First of Route-Second Approach, Ant Colony Optimization and Reactive Tabu Search. There is a difference of more than 10% worse. Based on the ANOVA test, each case has different parameters.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan *Modified Firefly Algorithm* Dalam Menyelesaikan *Vehicle Routing Problem With Simultaneous Delivery and Pickup*”. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada orang-orang yang terlibat dalam pembuatan laporan ini, antara lain :

1. Dosen yang membimbing yaitu Bapak Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M. dan Bapak Fran Setiawan, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing.
2. Dosen yang menguji sidang proposal yaitu Ibu Cynthia Prithadevi Juwono, Ir., M.S. dan Bapak Alfian, S.T., M.T.
3. Orang tua dan keluarga penulis yang membantu dan memberikan motivasi.
4. Teman-teman kelompok *Firefly Algorithm* yang berjuang bersama-sama yaitu Rainer dan Vincent.
5. Ardi yang selalu menemani saya mengerjakan skripsi ini.
6. Teman-teman partisipan karma.
7. Teman-teman kelas D.
8. Teman-teman sekalian yang tidak disebutkan.
9. Semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam skripsi ini akibat keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis terbuka untuk menerima kritik dan saran. Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat semua pihak yang terkait .

Bandung, 1 Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Identifikasi Masalah	I-2
1.3 Batasan Masalah	I-6
1.4 Tujuan Penelitian	I-6
1.5 Manfaat Penelitian	I-7
1.6 Metodologi Penelitian	I-7
1.7 Sistematika Penulisan	I-8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 <i>Vehicle Routing Problem</i>	II-1
II.2 <i>Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup</i>	II-3
II.3 <i>Firefly Algorithm</i>	II-5
II.4 <i>Local Search</i>	II-8
II.5 Desain Eksperimen	II-9
BAB III PERANCANGAN ALGORITMA	
III.1 <i>Modified Firefly Algorithm</i>	III-1
III.2 <i>Encoding dan Decoding</i>	III-2
III.3 <i>Local Search</i>	III-6
III.4 Perhitungan Jarak <i>Firefly</i>	III-8
III.5 Perpindahan <i>Firefly</i>	III-18
III.6 Penerapan <i>Modified Firefly Algorithm</i> Pada VRPSDP	III-11
III.6.1 Notasi Algoritma	III-11
III.6.2 Algoritma Utama <i>Modified Firefly Algorithm</i>	III-14

III.6.2.1 Algoritma Perhitungan Matriks Jarak (Algoritma A)	III-17
III.6.2.2 Algoritma Populasi Awal Dari Kunang-kunang (Algoritma B)	III-18
III.6.2.3 Algoritma Penentuan Rute Setiap Kendaraan (Algoritma C).....	III-20
III.6.2.4 Algoritma Perhitungan Total Jarak & <i>Fitness Function</i> (Algoritma D).....	III-27
III.6.2.5 Algoritma Perhitungan <i>Local Search</i> (Algoritma E)	III-30
III.6.2.6 Algoritma Perhitungan Jarak Kunang-kunang (Algoritma F)	III-46
III.6.2.7 Algoritma Perpindahan <i>Firefly</i> (Algoritma E) ..	III-47
III.5.2.6 Algoritma Menampilkan Solusi Terbaik (Algoritma F)	III-53
III.7 Verifikasi dan Validasi Algoritma.....	III-55
III.8 Verifikasi dan Validasi Program.....	III-83

BAB IV IMPLEMENTASI KASUS

IV.1 Kombinasi Parameter	IV-1
IV.2 Pengerjaan Kasus.....	IV-2
IV.2.1 Kasus CMT1X	IV-3
IV.2.2 Kasus CMT2X	IV-5
IV.2.3 Kasus CMT3X	IV-7
IV.2.4 Kasus CMT12X	IV-10
IV.2.5 Kasus CMT11X	IV-12
IV.2.6 Kasus CMT4X	IV-14
IV.3 Perbandingan FA dengan MFA.....	IV-17
IV.4 Perbandingan MFA dengan Algoritma Lain.....	IV-17
IV.5 Uji ANOVA.....	IV-18

BAB V ANALISIS

V.1 Analisis <i>Encoding</i> dan <i>Decoding</i>	V-1
V.2 Analisis Perpindahan Kunang-kunang	V-2
V.3 Analisis Pengaruh <i>Modified Firefly Algoritim</i> (MFA)	V-4
V.4 Analisis Pengaruh <i>Local Search</i>	V-4

V.5 Analisis Performansi MFA.....	V-5
V.6 Analisis Desain Eksperimen dan ANOVA	V-6
V.7 Analisis <i>Modified Firefly Algorithm</i> (MFA) pada VRPSDP	V-8
V.8 Analisis Waktu Komputasi	V-8

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 Kesimpulan	VI-1
VI.2 Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Batas Bawah dan Atas Parameter	II-8
Tabel II.2 ANOVA untuk Dua Faktor Faktorial	II-10
Tabel III.1 Pergerakan pada FA dan MFA.....	III-1
Tabel III.2 <i>Demand</i> dan <i>Pickup</i>	III-3
Tabel III.3 Matriks Jarak.....	III-4
Tabel III.4 Contoh Hasil Penentuan Rute <i>Demand</i>	III-4
Tabel III.5 Contoh Hasil Pengecekan Rute	III-5
Tabel III.6 Contoh Hasil Penentuan Rute <i>Demand 2</i>	III-5
Tabel III.7 Contoh Hasil Pengecekan Rute 2	III-5
Tabel III.8 Hasil Pengecekan Rute.....	III-6
Tabel III.9 Total Jarak Terbaik	III-8
Tabel III.10 Posisi Awal Kunang-kunang.....	III-8
Tabel III.11 Posisi Awal Kunang-Kunang dan Intensitas	III-9
Tabel III.12 Lokasi Akhir Kunang-kunang	III-10
Tabel III.13 Kasus Kecil	III-56
Tabel III.14 Matriks Jarak.....	III-57
Tabel III.15 Posisi Awal Kunang-Kunang (kasus kecil)	III-58
Tabel III.16 Dup Posisi Awal Kunang-Kunang (kasus kecil)	III-62
Tabel III.17 Penentuan Rute untuk Setiap Kunang (kasus kecil).....	III-65
Tabel III.18 Penentuan Rute untuk Setiap Kendaraan (kasus kecil).....	III-68
Tabel III.19 Posisi Awal Kunang-Kunang (kasus kecil)	III-69
Tabel III.20 <i>Local Search</i>	III-73
Tabel III.21 Hasil <i>Local Search</i>	III-74
Tabel III.22 Jarak Antar Kunang-Kunang (kasus kecil)	III-76
Tabel III.23 Posisi Kunang-Kunang Setelah Iterasi ke-1 (kasus kecil).....	III-81
Tabel III.24 Rute Optimal Kasus Kecil.....	III-83
Tabel IV.1 <i>Level</i> dari Parameter	IV-1
Tabel IV.2 Kombinasi Parameter	IV-2
Tabel IV.3 Replikasi CMT1X.....	IV-4
Tabel IV.4 Replikasi CMT2X.....	IV-6

Tabel IV.5 Replikasi CMT3X	IV-8
Tabel IV.6 Replikasi CMT12X	IV-10
Tabel IV.7 Replikasi CMT11X	IV-13
Tabel IV.8 Replikasi CMT4X	IV-15
Tabel IV.9 Perbandingan Solusi FA dan MFA	IV-17
Tabel IV.10 Tabel Perbandingan Solusi	IV-18
Tabel IV.11 Tabel Pengukuran Waktu	IV-18
Tabel IV.12 Rekapitulasi ANOVA	IV-23

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Metodologi Penelitian	I-9
Gambar II.1 Lokasi Awal dan Akhir Kunang-kunang	II-5
Gambar II.2 Ilustrasi Metode <i>Insertion</i>	II-8
Gambar II.3 Ilustrasi Metode <i>Swap</i>	II-9
Gambar II.4 Ilustrasi Metode 2opt.....	II-9
Gambar III.1 Hasil Bilangan Acak	III-3
Gambar III.2 Rute <i>Insertion</i>	III-6
Gambar III.3 Rute <i>Swap</i>	III-7
Gambar III.4 Rute 2opt	III-7
Gambar III.5 Algoritma Utama	III-15
Gambar III.6 Algoritma A	III-17
Gambar III.7 Algoritma B	III-19
Gambar III.8 Algoritma C	III-20
Gambar III.9 Algoritma D	III-27
Gambar III.10 Algoritma E	III-30
Gambar III.11 Algoritma <i>Local Search Swap</i>	III-36
Gambar III.12 Algoritma <i>Local Search Swap</i>	III-38
Gambar III.13 Algoritma <i>Local Search Swap</i>	III-42
Gambar III.14 Algoritma F.....	III-46
Gambar III.15 Algoritma G	III-47
Gambar III.16 Algoritma Solusi Terbaik	III-55
Gambar III.17 Program Lokasi Awal <i>Firefly</i>	III-83
Gambar III.18 Input Parameter Program.....	III-84
Gambar III.19 Inpot Kasus Kecil VRPSDP	III-85
Gambar IV.1 Node Kasus CMT1X	IV-3
Gambar IV.2 Gbest CMT1X.....	IV-5
Gambar IV.3 Node Kasus CMT2X	IV-5
Gambar IV.4 Gbest CMT2X.....	IV-7
Gambar IV.5 Node Kasus CMT3X	IV-8
Gambar IV.6 Gbest CMT3X.....	IV-9

Gambar IV.7 Node Kasus CMT12X	IV-10
Gambar IV.8 Gbest CMT12X	IV-12
Gambar IV.9 Node Kasus CMT11X	IV-12
Gambar IV.10 Gbest CMT11X	IV-14
Gambar IV.11 Node Kasus CMT4X	IV-15
Gambar IV.12 Gbest CMT4X	IV-17
Gambar IV.13 ANOVA CMT1X	IV-20
Gambar IV.14 ANOVA CMT2X	IV-21
Gambar IV.15 ANOVA CMT3X	IV-21
Gambar IV.16 ANOVA CMT12X	IV-22
Gambar IV.17 ANOVA CMT11X	IV-22
Gambar IV.18 ANOVA CMT4X	IV-23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A: Data Set

Lampiran B: Hasil Perhitungan Kasus Kecil

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai pendahuluan dari penerapan *Modified Firefly Algorithm pada Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup (VRPSDP)*. Pendahuluan ini berisi mengenai latar belakang, identifikasi dan rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

I.1 Latar Belakang

Pada era modern ini, proses pembuatan produk dari bahan mentah hingga menjadi produk jadi, dan sampai diantarkan ke konsumen sangatlah penting. Proses ini disebut rantai pasok. Menurut Indrajit & Djokopranoto (2002), rantai pasok adalah suatu sistem melalui mana organisasi itu menyalurkan barang produksi dan jasanya ke pelanggannya. Usaha-usaha untuk mengatur rantai pasok merupakan manajemen rantai pasok. Menurut Simchi-Levi pada Indrajit & Djokopranoto (2002), manajemen rantai pasok adalah sebuah set dari pendekatan untuk mengoptimalkan supplier, pengusaha pabrik, gudang dan toko secara efisien sehingga produk diproduksi dan didistribusi dengan jumlah yang tepat, ke lokasi yang tepat, pada waktu yang tepat, untuk meminimasi biaya dengan mempertimbangkan *service level*. Dalam manajemen rantai pasok ada beberapa pemain utama yaitu, *supplier, manufacturer, distribution, retail outlets* dan *customers*.

Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam manajemen rantai pasok adalah logistik. Logistik mempunyai peranan penting karena logistik memiliki tanggung jawab untuk menjaga dan mengantarkan produk dari supplier hingga sampai ke tangan konsumen. Menurut Heskett, Glaskowsky dan Ivie pada Rushton, Croucher dan Baker (2014), logistik adalah mengatur semua aktifitas yang memfasilitasi perpindahan dan koordinasi dari supplier dan permintaan dengan waktu dan tempat yang tepat. Biaya terbesar pada logistik adalah biaya transportasi. Biaya transportasi merupakan pengeluaran yang diperlukan untuk memindahkan produk.

Semua perusahaan pastinya menginginkan biaya transportasi dapat diperkecil namun harus tetap dapat mempertahankan tingkat pelayanan pelanggan. Biaya yang rendah biasanya memiliki tingkat kualitas pelanggan rendah juga dan begitu juga sebaliknya biaya yang tinggi biasanya memiliki kualitas layanan tinggi. Masalah ini dapat diatasi dengan mengatur sistem transportasi. Sistem transportasi yang baik mempertimbangkan jumlah kendaraan, rute kendaraan dan pemilihan kendaraan. Perancangan sistem transportasi yang baik diharapkan dapat meminimalkan biaya dan tetap menjaga tingkat kualitas pelayanan.

Permasalahan untuk menentukan rute kendaraan secara optimal merupakan *Vehicle Routing Problem*. *Vehicle Routing Problem* merupakan permasalahan penentuan rute yang paling optimal dengan jumlah kendaraan yang telah ditentukan, jumlah konsumen yang dituju dan letak konsumen berada. Tujuan dari VRP adalah untuk meminimasi biaya transportasi. Biaya transportasi dapat diminimasi dengan mengurangi jarak pengiriman, jumlah kendaraan dan lain-lain. Namun permasalahan VRP yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari jauh lebih rumit. Banyaknya hal lain yang perlu dipertimbangkan membuat banyak sekali macam dari masalah VRP seperti, *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*, *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)*, *The Multi-Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP)*, *The Site Dependent Vehicle Routing Problem (SDVRP)* dan *The Open Vehicle Routing Problem (OVRP)* (Pisinger,2005). Salah satu pengembangan VRP adalah *VRP with Simultaneous Delivery and Pickup (VRPSDP)*. VRPSDP masih dijumpai pada kasus sehari-hari seperti pengiriman galon aqua dan tabung gas. VRPSDP termasuk ke dalam permasalahan NP-hard. Masalah ini akan diselesaikan dengan menggunakan salah satu dari metode metaheuristik yaitu, *Modified Firefly Algorithm*.

I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Pada penelitian ini, masalah hanya ditujukan untuk satu permasalahan VRP dari sekian banyaknya masalah VRP yang ada. Permasalahan VRP yang diteliti adalah *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup (VRPSDP)*. VRPSDP merupakan permasalahan VRP biasa namun memiliki perbedaan. Selain mengantar barang, juga mengambil barang dari konsumen.

Tujuan dari VRPSDP adalah untuk meminimasi total biaya untuk melayani semua pelanggan.(Toth dan Vigo, 2002).

VRPSDP adalah masalah transportasi dengan satu depot dan diasumsikan tidak adanya batasan waktu untuk pengantarannya namun memiliki batasan untuk jumlah kendaraan. Untuk kapasitas kendaraan diasumsikan semua kendaraan memiliki kapasitas yang sama. Rute awal dimulai dengan kendaraan mengisi muatan barang dari depot kemudian diantarkan ke pelanggan. Setelah barang diantarkan, akan dilakukan pengisian muatan juga di tempat pelanggan tersebut. Pekerja langsung kembali ke depot setelah rute pengantaran barang telah selesai. Rute yang ditempuh harus didesain agar semua titik pengiriman hanya dilalui satu kali oleh kendaraan.

VRPSDP masih sangat relevan dengan kasus distribusi pada kehidupan sehari-hari. Permasalahan VRPSDP dapat ditemui seperti pada sistem pengiriman galon air minum. Galon air minum akan dikirimkan ke pelanggan dan pelanggan akan memberikan galon air minum yang kosong. Pekerja membawa galon air minum kosong kembali ke depot. Contoh VRPSDP pada kehidupan sehari-hari pada pengiriman tabung gas, minuman bersoda, botol susu dan lain-lain. Salah satu contoh kasus dari permasalahan VRPSDP dapat dilihat pada perusahaan Coca Cola. Coca Cola merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang minuman bersoda yang sudah sangat terkenal. Dalam proses distribusi botol coca cola, dilakukan pengantaran botol coca cola yang masih terisi penuh ke pelanggan dan juga dilakukan pengambilan botol coca cola kosong dari pelanggan. Hal ini mengakibatkan kendaraan akan tetap memiliki muatan barang pada saat kembali ke perusahaan. Tujuan dilakukan pengambilan botol kosong dari pelanggan ialah untuk mengurangi produksi botol coca cola yang berlebih dengan mengisi ulang botol kosong tersebut.

VRPSDP merupakan permasalahan *NP-hard*, yang berarti permasalahan kompleks dan sulit untuk diselesaikan dengan metode analitik karena membutuhkan waktu pengerjaan yang eksponensial apabila jumlahnya banyak. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan NP-hard yaitu metode analitik, heuristik dan metaheuristik. Namun dalam metode analitik terdapat kelemahan yaitu waktu yang diperlukan sangatlah lama. Oleh karena itu pada penelitian kali ini akan diselesaikan menggunakan metode metaheuristik.

VRPSDP pernah diselesaikan dengan menggunakan metode analitik yaitu, *Branch-and-Cut* (Cordeau, 2006). *Heuristic algorithms* adalah pengganti yang cocok dari metode konvensional optimisasi dikarenakan empat alasan yaitu, fleksibilitas, simplisitas, *derivation-free mechanism* dan biaya komputasi yang rendah (Saremi, Mirjalili dan Lewis, 2014). Fleksibilitas merujuk pada kemampuan dari heuristik algoritma untuk beradaptasi dari perbedaan masalah. Sebagai contoh, PSO algoritma pernah menyelesaikan berbagai masalah seperti elektromagnetik, teknik sipil dan teknik mesin. Simplisitas adalah kesederhaan abstrak dari perilaku hewan atau serangga, fenomena alam atau konsep evolusi. Tujuannya adalah agar algoritma tersebut mudah untuk dimengerti.

Derivation-free mechanism merupakan alasan utama penggunaan heuristik algoritma dalam masalah sehari-hari. Secara umum, pendekatan optimasi atau konvensional menghitung gradien dari ruang langkah optimasi. Proses ini perlu memiliki informasi turunan dari ruang pencarian. Informasi turunan dari masalah sehari-hari seringkali susah untuk ditemukan sehingga teknik konvensional gagal untuk mengoptimasi masalah sehari-hari atau susah untuk diimplementasikan. Heuristik algoritma tidak menggunakan informasi gradien karena merupakan stokastik algoritma. Heuristik algoritma memulai proses pencarian dengan serangkaian solusi secara acak dan meningkatkannya selama proses optimasi. Biaya komputasi yang murah merupakan keuntungan lainnya dari heuristik algoritma. Hal ini dikarenakan heuristik algoritma menggunakan konsep yang sederhana dan tidak perlu untuk menghitung turunan dari ruang pencarian.

Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery (VRPSDP) pertama kali diteliti oleh Min pada tahun 1989 untuk menyelesaikan masalah distribusi dan pengambilan buku di perpustakaan umum pada dunia nyata (Subramian, Drummond, Bentes, Ochi & Farias, 2010). Berlanjut diselesaikan menggunakan *Cluster Insertion Heuristics* (Salhi & Nagy, 1999). Hasil solusi menunjukkan hasil yang belum cukup baik. Kemudian diselesaikan menggunakan *Cluster First or Route-Second Approach* (Dethloff, 2001). Hasil solusi juga menunjukkan lebih buruk dibanding hasil metaheuristik *Ant Colony Optimization* dan *Reactive Tabu Search*.

Permasalahan *Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery* (VRPSDP) pernah diselesaikan menggunakan *Ant Colony Optimization* (Catay,

2009). Hasil menunjukkan solusi yang menjanjikan dibandingkan solusi yang pernah didapat. Permasalahan *Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery* (VRPSDP) juga pernah diselesaikan menggunakan *Reactive Tabu Search Algorithm* (Wassan, Wassan dan Nagy, 2008). Hasil juga menunjukkan solusi yang lebih baik saat dibandingkan dengan beberapa solusi yang pernah didapat.

Metode *Firefly Algorithm* merupakan salah satu metode metaheuristik untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks. *Firefly Algorithm* ini tergolong kedalam metode algoritma yang relatif baru dan dikemukakan oleh Xin-She Yang pada tahun 2007 (Yang, 2010). *Firefly Algorithm* merupakan *swarm-intelligence-based* sehingga memiliki kelebihan yang mirip dengan *swarm-intelligence-based* lainnya. *Firefly Algorithm* memodelkan perilaku dari hewan kunang-kunang dalam memancarkan cahayanya. Pemancaran cahaya yang dilakukan kunang-kunang digunakan untuk memikat kunang-kunang lain dengan asumsi semua kunang-kunang *unisex*. Tingkat ketarikan kunang-kunang didasari oleh tingkat cahaya kunang-kunang lainnya. Ada dua tujuan dari pemancaran cahaya ini yaitu untuk memikat kunang-kunang yang lain dan untuk mengundang mangsanya. *Modified Firefly Algorithm* merupakan modifikasi dari *Firefly Algorithm* pada saat melakukan pergerakan ke kunang-kunang lain. Modifikasi ini dilakukan untuk menghilangkan kelemahan *Firefly Algorithm* yang tidak akan melakukan pergerakan apabila solusi awalnya sama semua. Modifikasi ini juga memperbanyak kemungkinan dalam mencari solusi yang lebih baik.

Parameter dalam metaheuristik memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil solusi yang efektif dan efisien. Belum adanya tolak ukur yang jelas dalam menentukan parameter mana yang berpengaruh maka perlu dilakukan pengujian. *Firefly Algorithm* memiliki empat parameter yang perlu diperhatikan yaitu, jumlah kunang-kunang (n), *randomization parameter* (β_0), *attractiveness* dan *koefisien penyerapan cahaya* (γ). Keempat parameter ini akan dilakukan pengujian untuk mengetahui parameter mana saja yang berpengaruh terhadap performansi dari *Modified Firefly Algorithm* pada kasus VRPSDP. Pengujian pengaruh parameter terhadap performansi dari *Firefly Algorithm* pada kasus VRPSDP akan dilakukan menggunakan uji ANOVA.

Firefly Algorithm dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan dan *Travelling Salesman Problem* dengan solusi yang baik (Yang dan He, 2013). VRPSDP sendiri merupakan masalah yang berasal dari TSP dengan ditambahkan beberapa *constraint*. Sebelumnya, permasalahan VRPTW pernah diselesaikan oleh *Firefly Algorithm* dan hasil percobaan menunjukkan bahwa solusi yang didapat bagus karena hampir semua masalah mendapatkan solusi yang sama dengan solusi terbaik yang pernah didapat (Pan, Ye, Wang & Cao, 2013). Oleh karena itu, diharapkan *Firefly Algorithm* dapat memberikan hasil yang baik dalam masalah VRPSDP karena VRPSDP merupakan pengembangan dari masalah TSP dan VRPTW. Untuk itu, akan dilakukan perbandingan hasil *Modified Firefly Algorithm* dengan algoritma lainnya untuk mengetahui bagaimana hasil dari *Firefly Algorithm*.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah. Rumusan masalah tersebut sebagai berikut.

1. Bagaimana penerapan metode metaheuristik *Modified Firefly Algorithm* untuk permasalahan VRPSDP?
2. Bagaimana performansi *Modified Firefly Algorithm* dibandingkan dengan *Ant Colony Optimization*, *Reactive Tabu Search*, *Cluster First or Route-Second Approach* dan *Cluster Insertion Heuristic*?
3. Bagaimana pengaruh parameter dari *Modified Firefly Algorithm* terhadap performansinya?

I.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah yang dibuat sesuai dengan identifikasi masalah dan perancangan penelitian. Pada penelitian ini hanya terdapat satu batasan masalah yaitu kasus yang digunakan terbatas hanya pada kasus *benchmark*.

I.4 Tujuan Penelitian

Penelitian mengenai penerapan metod metaheuristik *Modified Firefly Algorithm* pada permasalahan VRPSDP ini untuk mencapai beberapa tujuan, antara lain:

1. Mengetahui penerepan metode metaheuristik *Modified Firefly Algorithm* dalam menghasilkan solusi yang optimal.

2. Mengetahui performansi *Modified Firefly Algorithm* untuk menyelesaikan permasalahan VRPSDP.
3. Mengetahui pengaruh parameter dari *Modified Firefly Algorithm* terhadap performansinya.

I.5 Manfaat Penelitian

Penelitian mengenai penerapan metode metaheuristik *Modified Firefly Algorithm* pada permasalahan VRPSDP ini memiliki beberapa manfaat yaitu :

1. Bagi Pengembangan Keilmuan
Hasil penelitian diharapkan dapat menambah bidang keilmuan metode *Modified Firefly Algorithm* pada permasalahan VRPSDP dan juga membantu penelitian VRPSDP selanjutnya.

I.6 Metodologi Penelitian

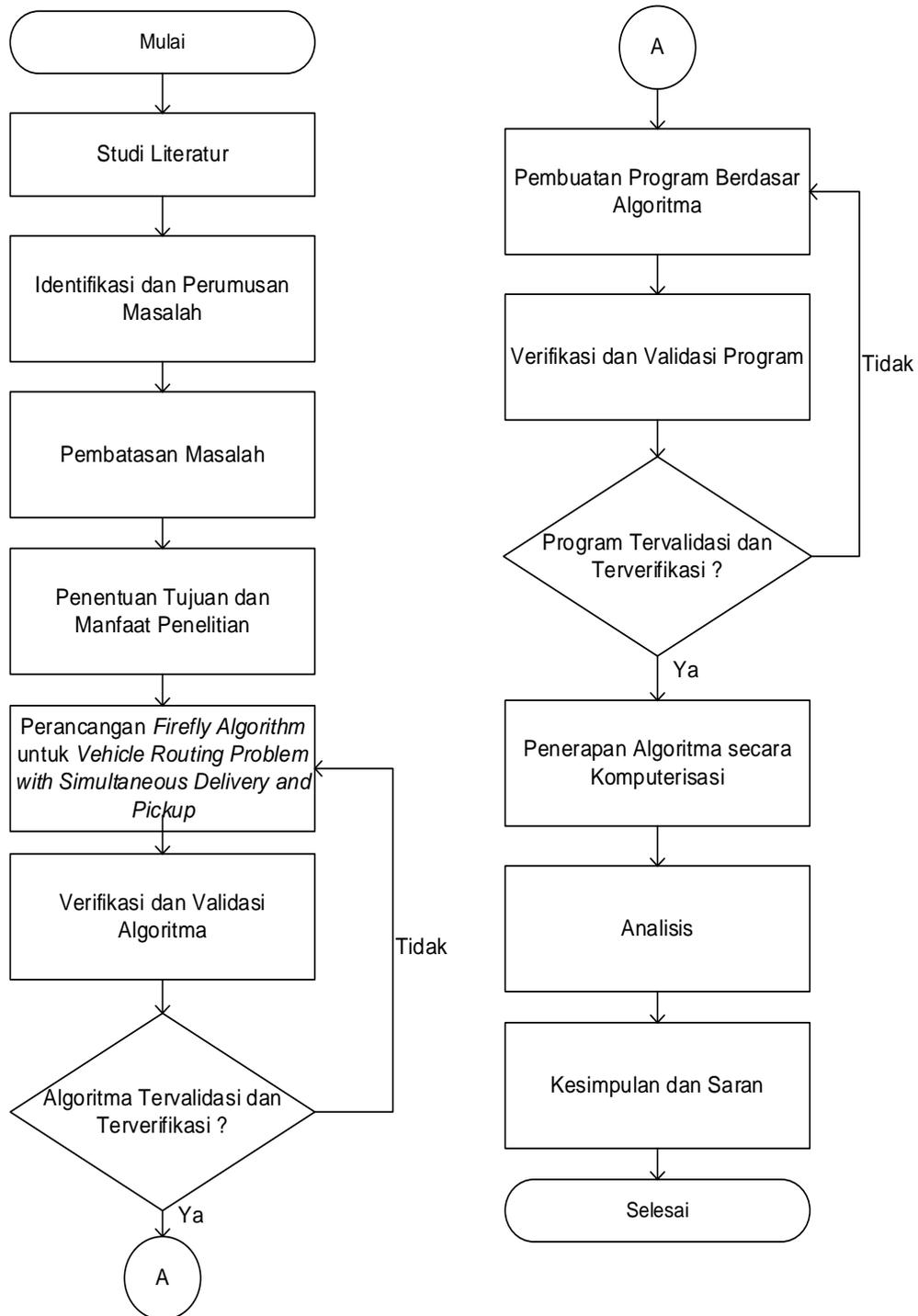
Metodologi penelitian dilakukan melalui langkah-langkah berikut :

1. Studi Literatur
Studi literatur dilakukan sebagai langkah awal dalam pengumpulan informasi dari berbagai sumber seperti buku, jurnal dan artikel. Pengumpulan informasi yang dibutuhkan adalah mengenai *Vehicle Routing with Simultaneous Delivery and Pickup Problem* dan *Modified Firefly Algorithm*.
2. Identifikasi dan Perumusan Masalah
Identifikasi masalah berisi mengenai masalah-masalah apa saja yang ditimbulkan. Dari identifikasi masalah tersebut disimpulkan dengan rumusan masalah untuk menjawab masalah tersebut.
3. Pembatasan Masalah dan Asumsi
Pembatasan masalah dilakukan agar tetap dapat berfokus pada masalahnya dan juga dapat menghasilkan solusi yang tepat. Solusi yang dihasilkan diharapkan dapat diterapkan pada permasalahan yang ada.
4. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian
Penentuan tujuan dan manfaat penelitian dilakukan agar dapat penelitian ini memiliki tujuan yang jelas dan manfaat yang berguna.

5. Perancangan *Modified Firefly Algorithm* untuk *Vehicle Routing Problem with Delivery and Pickup*
Algoritma kunang-kunang dirancang untuk dapat menyelesaikan masalah *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup*
6. Verifikasi dan Validasi Algoritma
Algoritma yang telah dibuat akan dilakukan verifikasi dan validasi untuk memastikan algoritma telah sesuai dengan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup*.
7. Pembuatan Program Berdasar Algoritma
Setelah algoritma telah dipastikan terverifikasi dan tervalidasi, akan dibuat program komputer untuk pemecahan masalah *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup* dengan menggunakan program MATLAB R2017a.
8. Verifikasi dan Validasi Program
Sebelum dilakukan penerapan, program komputer yang telah dibuat harus diverifikasi dan divalidasi terlebih dahulu.
9. Penerapan Algoritma Pada *Benchmark*
Setelah program komputer diverifikasi dan divalidasi, akan dilakukan penerapan algoritma secara komputerisasi sehingga mendapatkan hasil yang optimal.
10. Analisis
Analisis dilakukan untuk melihat hasil performansi yang dicapai oleh algoritma, pengujian parameter yang berpengaruh dan perbandingan dengan algoritma lainnya.
11. Kesimpulan dan Saran
Terakhir, dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Kemudian diberikan saran yang dapat digunakan untuk penelitian lanjutannya.

I.7 Sistematika Penulisan

Dalam melakukan penulisan laporan skripsi akan dilakukan dengan mengikuti sistematika penulisan yang telah dibuat. Sistematika penulisan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar I.1 Metodologi Penelitian

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan berisi mengenai dasar-dasar teori yang berhubungan dengan *Vehicle Routing Problem*, *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup*, *Firefly Algorithm*, *Local Search* dan desain eksperimen.

BAB III PERANCANGAN ALGORITMA

Pada bab ini akan membahas mengenai pembuatan *Modified Firefly Algorithm* untuk permasalahan VRPSDP. Sebelum membuat algoritma, akan dibuat *encoding* dan *decoding* terlebih dahulu.

BAB IV IMPLEMENTASI KASUS

Pada bab ini akan dilakukan validasi dan verifikasi program dan percobaan hasil kasus dengan menggunakan algoritma yang telah dibuat.

BAB V ANALISIS DAN USULAN PERBAIKAN SISTEM

Pada bab ini akan dilakukan analisis mengenai hasil rancangan algoritma yang dibuat, pengaruh parameter terhadap hasil dan performansinya terhadap algoritma yang lain.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab terakhir ini akan berisikan kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan masalah yang ada. Saran juga akan diberikan untuk penelitian selanjutnya.