

**PENERAPAN ALGORITMA *PIGEON INSPIRED*
OPTIMIZATION UNTUK MENYELESAIKAN
*CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM***

SKRIPSI

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

Disusun oleh:

Nama : Felix Arya Gunadi

NPM : 2013610030



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2017**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Felix Arya Gunadi
NPM : 2013610030
Jurusan : Teknik Industri
Judul Skripsi : *PENERAPAN ALGORITMA PIGEON INSPIRED OPTIMIZATION
UNTUK MENYELESAIKAN CAPACITATED VEHICLE ROUTING
PROBLEM*

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Juli 2017

Ketua Jurusan Teknik Industri

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

Pembimbing Pertama

(Cynthia Prithadevi Juwono, Ir, M.S.)

Pembimbing Kedua

(Hanky Fransiscus, S.T., M.T.)



Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan



Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Felix Arya Gunadi

NPM : 2013610030

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan judul :

**"PENERAPAN ALGORITMA *PIGEON INSPIRED OPTIMIZATION* UNTUK
MENYELESAIKAN *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM*"**

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,

Felix Arya Gunadi

NPM: 2013610030

ABSTRAK

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan suatu permasalahan untuk menentukan rute pengiriman dari satu depot dengan menggunakan beberapa kendaraan yang berada pada depot yang dapat digunakan untuk mengirimkan barang menuju ke pelanggan. CVRP menentukan set rute S (satu rute untuk setiap kendaraan yang harus dimulai dan diakhiri di depot) sehingga seluruh kebutuhan pelanggan dan batasan operasional dapat dipenuhi dengan jarak transportasi minimal. Masalah CVRP adalah variasi dari VRP dimana pada CVRP terdapat tambahan batasan kapasitas kendaraan.

Pada Penelitian ini CVRP akan diselesaikan dengan menggunakan algoritma *Pigeon Inspired Optimization* (PIO). Algoritma ini adalah algoritma *swarm intelligence* yang terinspirasi dari kemampuan burung merpati yang dapat mencari jalan pulang sendiri (*homing ability*). Terdapat dua kemampuan merpati yang digunakan sebagai inspirasi dalam algoritma ini yaitu *map and compass operator* dan *landmark operator*. Terdapat 4 parameter yang digunakan pada algoritma ini yaitu NP, Nc1max, Nc2max, dan R.

Pernacangan algoritma PIO untuk menyelesaikan CVRP telah dilakukan dan algoritma PIO telah diimplementasikan pada 6 kasus *benchmark* CVRP. Performansi PIO akan dibandingkan dengan *Artificial Bee Colony* (ABC), *Genetic Algorithm* (GA), dan *Dragonfly Algorithm* (DA). Algoritma PIO berhasil mendapatkan solusi optimal pada kasus dengan 15 pelanggan, namun untuk kasus lain algoritma ABC dan GA menghasilkan solusi yang lebih baik dari PIO. Pengujian parameter telah dilakukan dengan ANOVA Multifaktor, hasilnya parameter R dan Nc1max memiliki pengaruh pada beberapa kasus.

ABSTRACT

Capacitated Vehicle Routing Problem is a problem for determining the delivery route for some goods from one depot using several vehicle that can be used to deliver goods to the customer. CVRP determine the set routes S (one route for each vehicle that started and ended at the depot) therefore, all the customer demand and the operational constraint could be fulfilled with the lowest transportation distance. CVRP is variation of VRP, in CVRP there is additional capacity constraint for the vehicle.

In this research, CVRP would be solved using Pigeon Inspired Optimization algorithm(PIO). PIO is one of swarm intelligence algorithm that inspired by the ability of pigeon to find the route to go back to home by their own. There are two abilities that used as inspiration for this algorithm namely map and compass operator and landmar operator. There are four parameters that is used at this algorithm namely NP, Nc1max, Nc2max, and R.

Design for solving the CVRP using PIO algorithm has been made and PIO algorithm is already implemented to solve 6 CVRP benchmark cases. Performance of PIO algorithm will be compared with Artificial Bee Colony Algorithm, Genetic Algorithm, and Dragonfly Algorithm. Although PIO algorithm could get the optimal solution at small case with 15 customer, Performance of PIO algorithm still below the GA and ABC on another case. Parameter testing using Multifactor ANOVA got a result that parameter R and Nc1max have affected the result on several cases.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya haturkan kepada Tuhan karena atas bantuan dan rahmat-Nya, proses kegiatan penyusunan Skripsi dapat berjalan dengan baik. Proses penyusunan Skripsi dimulai pada tanggal 16 Januari 2017. Skripsi dapat diselesaikan pada bulan Juni dengan penyusunan seluruh bab-bab penelitian. Skripsi merupakan bentuk penelitian ilmiah sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana.

Dalam menyusun Skripsi, penulis mendapatkan bantuan dan masukan dari beberapa pihak untuk membantu penyelesaiannya. Melalui halaman ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Cynthia Prithadevi Juwono, Ir.,MS dan Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penulis. Berkat saran dan bantuannya, penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Carles Sitompul. selaku dosen Koordinator Skripsi. Berkat beliau yang telah mengadakan *briefing* skripsi, penulis dapat mengerjakan Skripsi sesuai dengan prosedur yang ditetapkan.
3. Orang tua dan seluruh keluarga yang telah mendukung dan mendoakan penulis dalam penyelesaian Skripsi.
4. Beberapa senior Teknik Industri Unpar yang telah menyelesaikan skripsi mengenai algoritma. Berkat penelitian mereka penulis mendapatkan gambaran mengenai penelitian yang harus dilakukan
5. Teman-teman seperjuangan skripsi Christian, Adrianus Vincent, Arnold, dan Deva yang banyak memberikan masukan dan dukungan kepada penulis mengenai pembuatan dan pengolahan algoritma
6. Pihak-pihak lain yang belum disebutkan baik terlibat secara langsung maupun tidak langsung

Penulis hanya bisa berdoa semoga Tuhan membalas kebaikan kalian semua atas segala bentuk bantuan yang telah diberikan. Penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon maaf atas kesalahan yang dilakukan dan akan menerima segala bentuk kritikan dan saran pada laporan

skripsi ini. Semoga atas terselesaikannya Skripsi ini dapat berguna untuk kita semua. Terima Kasih.

Bandung, 15 Juni 2017

Felix Arya Gunadi

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah	I-1
I.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah	I-3
I.3 Pembatasan Masalah	I-5
I.4 Tujuan Penelitian	I-5
I.5 Manfaat Penelitian	I-6
I.6 Metodologi Penelitian.....	I-6
I.7 Sistematika Penulisan.....	I-9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i>	II-1
II.2 <i>Pigeon Inspired Optimization</i>	II-3
II.3 <i>Factorial Experimental Design</i>	II-8
II.4 Fungsi Sigmoid.....	II-8
II.5 Metode 2-opt.....	II-9
BAB III PERANCANGAN ALGORITMA	III-1
III.1 <i>Encoding Decoding</i>	III-1
III.2 Perubahan Posisi Merpati.....	III-4
III.3 Penyusunan Algoritma Pigeon Inspired Optimization Untuk <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i>	III-8
III.3.1 Notasi Algoritma <i>Pigeon Inspired Optimization</i>	III-8
III.3.2 Algoritma <i>Pigeon Inspired Optimization</i> Secara Umum.....	III-9
III.3.3 Algoritma Menghitung Nilai <i>Fitness</i> Merpati	III-11
III.3.4 Algoritma Mengurutkan Nilai Dimensi Merpati.....	III-14

III.3.5. Algoritma <i>Local Improvement</i>	III-16
III.3.6 Algoritma Penentuan X_{global}	III-21
III.3.7 Algoritma <i>Map and Compass Operator</i>	III-23
III.3.8 Algoritma <i>Landmark Operator</i>	III-24
III.3.9 Algoritma Pengurutan Nilai <i>Fitness</i>	III-27
III.3.10 Algoritma Mengeliminasi Merpati	III-29
III.4 Verifikasi dan Validasi Algoritma.....	III-30
BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA.....	IV-1
IV.1 Verifikasi dan Validasi Program Komputer	IV-1
IV.2 Penentuan Parameter Algoritma PIO	IV-2
IV.3 Penerapan <i>Pigeon Inspired Optimization</i> pada Kasus <i>Benchmark</i>	IV-5
IV.3.1 Penerapan Program Komputer pada Kasus P-N16-K8	IV-5
IV.3.2 Penerapan Program Komputer pada Kasus P-N19-K2	IV-7
IV.3.3 Penerapan Program Komputer pada Kasus B-N31-K5	IV-10
IV.3.4 Penerapan Program Komputer pada Kasus A-N32-K5	IV-12
IV.3.5 Penerapan Program Komputer pada Kasus A-N54-K7	IV-14
IV.3.6 Penerapan Program Komputer pada Kasus B-N57-K7	IV-16
IV.4 Pengujian Parameter Algoritma PIO.....	IV-19
IV.5 <i>Main Effect Plot</i>	IV-20
IV.6 Perbandingan Performansi Algoritma <i>Pigeon Inspired Optimization</i> Dengan Algoritma lain.....	IV-21
BAB V ANALISIS.....	V-1
V.1 Analisis Penerapan Algoritma Pada CVRP	V-1
V.2 Analisis <i>Encoding Decoding</i>	V-2
V.3 Analisis Perubahan Posisi Merpati	V-3
V.4 Analisis Parameter Algoritma PIO	V-4
V.5 Analisis Interaksi Parameter	V-7
IV.6 Analisis Penggunaan <i>Local Improvement</i>	V-7
IV.7 Analisis Performansi Algoritma PIO.....	IV-8
IV.8 Analisis Kelemahan Algoritma PIO	IV-9
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
VI.1 Kesimpulan.....	V-1
VI.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel III.1	Matriks Jarak Konsumen (km).....	III-2
Tabel III.2	Rincian Permintaan Konsumen (kg).....	III-2
Tabel III.3	Hasil <i>Random</i> Posisi Merpati	III-2
Tabel III.4	Hasil Pengurutan Posisi Merpati	III-2
Tabel III.5	Tabel Penentuan Rute Kendaraan.....	III-3
Tabel III.6	Perhitungan <i>Objective Function</i>	III-3
Tabel III.7	Posisi dan Kecepatan Awal Merpati.....	III-4
Tabel III.8	Kecepatan dan Posisi Merpati Iterasi Pertama <i>Map and Compass Operator</i>	III-6
Tabel III.9	Posisi Merpati Iterasi Pertama <i>Landmark Operator</i>	III-6
Tabel III.10	Tabel Jarak antar Pelanggan	III-32
Tabel III.11	Tabel <i>Demand</i> Pelanggan	III-32
Tabel III.12	Tabel Hasil Bilangan Acak Kecepatan Awal	III-33
Tabel III.13	Tabel Hasil Bilangan Acak Posisi Awal	III-33
Tabel III.14	Hasil Perhitungan <i>Fitness</i> untuk 4 Merpati.....	III-35
Tabel III.15	Hasil Perhitungan Kecepatan Iterasi Pertama	III-37
Tabel III.16	Perhitungan Posisi Iterasi Pertama	III-38
Tabel III.17	Perhitungan <i>Fitness</i> 4 Merpati pada Iterasi Pertama	III-38
Tabel III.18	Rekapitulasi Kecepatan Merpati pada Iterasi Kedua	III-38
Tabel III.19	Rekapitulasi Posisi Merpati pada Iterasi Kedua	III-38
Tabel III.20	Perhitungan <i>Fitness</i> Setiap Merpati pada Iterasi Kedua	III-39
Tabel III.21	Rekapitulasi Kecepatan Merpati pada Iterasi Ketiga.....	III-39
Tabel III.22	Rekapitulasi Posisi Merpati pada Iterasi Ketiga	III-39
Tabel III.23	Perhitungan <i>Fitness</i> Setiap Merpati pada Iterasi Ketiga	III-39
Tabel III.24	Rekapitulasi Kecepatan Merpati pada Iterasi Ketiga.....	III-40
Tabel III.25	Rekapitulasi Rekapitulasi Posisi Merpati pada iterasi Ketiga..	III-40
Tabel III.26	Perhitungan <i>Fitness</i> Setiap Merpati pada Iterasi Ketiga	III-40
Tabel III.27	Nilai X_c untuk iterasi pertama	III-41
Tabel III.28	Perhitungan <i>Fitness</i> Merpati	III-42
Tabel III.29	Tabel <i>Fitness</i> Terbaik.....	III-42

Tabel IV.1	Rekapitulasi Validasi Program.....	IV-2
Tabel IV.2	Kombinasi Parameter PIO.....	IV-5
Tabel IV.3	Rekapitulasi Karakteristik Kasus <i>Benchmark</i>	IV-6
Tabel IV.4	Rekapitulasi Hasil Solusi Kasus P-N16-K8	IV-6
Tabel IV.5	Rekapitulasi Hasil Solusi Kasus P-N19-K2	IV-9
Tabel IV.6	Rekapitulasi Hasil Solusi Kasus B-N31-K5	IV-11
Tabel IV.7	Rekapitulasi Hasil Solusi Kasus A-N32-K5	IV-13
Tabel IV.8	Rekapitulasi Hasil Solusi Kasus A-N54-K7	IV-15
Tabel IV.9	Rekapitulasi Hasil Solusi Kasus B-N57-K7	IV-18
Tabel IV.10	Rekapitulasi Hasil ANOVA	IV-21
Tabel IV.11	Rekapitulasi Parameter Terbaik	IV-21
Tabel V.1	Rekapitulasi Hasil Percobaan Terbaik dari Setiap Kasus	V-9

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	Metodologi Penelitian	I-7
Gambar II.1	<i>Map and Compass Operator</i>	II-4
Gambar II.2	<i>Landmark Operator</i>	II-5
Gambar II.3	Ilustrasi Prosedur 2-opt	II-8
Gambar III.1	Grafik Nilai Sigmoid	III-7
Gambar III.2	Hasil plot nilai posisi merpati	III-8
Gambar III.3	<i>Flowchart</i> Algoritma PIO Umum	III-11
Gambar III.4	<i>Flowchart</i> Algoritma Perhitungan Nilai <i>Fitness</i>	III-14
Gambar III.5	<i>Flowchart</i> Algoritma Mengurutkan Nilai Dimensi Merpati	III-16
Gambar III.6	Algoritma <i>Local Improvement</i>	III-19
Gambar III.7	<i>Flowchart</i> Algoritma Menentukan nilai X_{global}	III-22
Gambar III.8	<i>Flowchart</i> Algoritma <i>Map and Compass Operator</i>	III-24
Gambar III.9	<i>Flowchart</i> Algoritma <i>Landmark Operator</i>	III-27
Gambar III.10	<i>Flowchart</i> Algoritma Pengurutan Nilai <i>Fitness</i>	III-29
Gambar III.11	<i>Flowchart</i> Algoritma Mengeliminasi Merpati	III-30
Gambar IV.1	Verifikasi <i>sub program</i> Inisialisasi Posisi dan Kecepatan Awal	IV-1
Gambar IV.2	Hasil <i>Output</i> Program	IV-2

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Kasus <i>Benchmark</i> ..	A-1
Lampiran B Uji ANOVA	B-1
Lampiran C Rute Terbaik	C-1
Lampiran D <i>Main Effect Plot</i>	D-1

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan dibahas mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian yang dilakukan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Pada masa kini persaingan antar perusahaan sudah semakin ketat. Persaingan yang ketat menuntut perusahaan untuk terus berinovasi agar dapat bertahan. Perusahaan bersaing di pasar melalui produk dan jasa yang ditawarkan oleh perusahaan. Perusahaan bersaing dari segi kualitas produk dan harga. Ketatnya persaingan harga membuat perusahaan dituntut untuk mengurangi biaya dengan berbagai cara seperti mengurangi biaya distribusi dengan mendirikan pusat produksi dimana biaya bahan baku, tenaga kerja, dan distribusi yang murah. Dengan kondisi seperti ini perusahaan akan melakukan pengadaan bahan dari berbagai *supplier* yang memasok bahan baku untuk pabrik-pabrik yang terletak di berbagai lokasi. Barang jadi keluar dari lokasi pabrik yang berbeda kemudian melewati berbagai rantai jaringan distribusi seperti gudang, distributor, pengecer dan akhirnya ke pelanggan akhir. pengelolaan kegiatan seperti ini dibutuhkan manajemen rantai pasok yang baik. Menurut Chopra dan Meindl (2013) Manajemen rantai pasok merupakan jaringan yang mencakup seluruh bagian yang berhubungan langsung dan tidak langsung dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Di dalam jaringan ini akan terdapat pergerakan barang dari *supplier* hingga barang diterima oleh *customer*.

Pergerakan barang dari suatu titik menuju titik yang lain akan membutuhkan biaya yang disebut sebagai biaya transportasi. Tentunya semua perusahaan menginginkan total biaya yang sekecil-kecilnya. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan merancang sistem transportasi yang baik, seperti memilih rute dan jenis kendaraan yang tepat. Perancangan sistem transportasi yang baik diharapkan dapat mengurangi biaya. Salah satu cara untuk mengurangi biaya transportasi adalah mengurangi jarak transportasi. Dengan menyelesaikan

permasalahan rute maka akan didapat rute terpendek yang akan berpengaruh secara langsung dengan biaya.

Permasalahan kombinatorial untuk memilih rute kendaraan yang optimal pada konsep distribusi ini dikenal sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP). *Vehicle Routing Problem* pertama dikenalkan oleh Danzig & Ramser pada tahun 1959 (Toth dan Vigo, 2002). Menurut (Toth dan Vigo, 2002) *Vehicle Routing Problem* merupakan suatu permasalahan mengenai bagaimana suatu barang dikirimkan dari satu atau beberapa depot dengan menggunakan beberapa kendaraan yang berada pada depot yang dapat digunakan untuk mengirimkan barang menuju ke pelanggan. VRP menentukan set rute S (satu rute untuk setiap kendaraan yang harus dimulai dan diakhiri di depot) sehingga seluruh kebutuhan pelanggan dan batasan operasional dapat dipenuhi dengan jarak transportasi minimal. *Vehicle Routing Problem* masih memerlukan beberapa tambahan batasan agar dapat menyerupai keadaan nyata seperti batasan kapasitas, waktu, jarak, dan lain sebagainya.

Pada kasus nyata seringkali kendaraan dibatasi oleh kapasitas atau yang sering disebut sebagai CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*). Dalam CVRP seluruh pelanggan harus didatangi satu kali, permintaan setiap pelanggan diketahui secara pasti di awal dan tidak dapat dibagi, kendaraan yang digunakan identik dan mempunyai batasan kapasitas. Tujuan dari CVRP adalah untuk meminimasi ongkos total (dengan cara mengurangi jarak transportasi total) yang diperlukan untuk memenuhi *demand* pelanggan. Ada beberapa kasus dimana jarak transportasi antara setiap lokasi konsumen sama untuk kedua arah (simetris) yang disebut sebagai SCVRP, namun terdapat beberapa kasus yang memiliki jarak yang tidak simetris (asimetris) yang disebut sebagai ACVRP.

Pada CVRP setiap pelanggan memiliki *demand* yang harus dipenuhi oleh setiap kendaraan. *Demand* yang dimiliki setiap pelanggan dapat berbeda-beda dan penugasan rute pada setiap kendaraan harus memperhatikan kapasitas kendaraan. Total *demand* yang harus dipenuhi dalam setiap kendaraan tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan.

Salah satu contoh kasus nyata mengenai CVRP dapat dilihat pada JNE. JNE adalah perusahaan yang menggunakan konsep distribusi *warehousing* dimana pada setiap kota terdapat gudang pusat untuk menampung kiriman barang untuk satu daerah operasi. Gudang pusat dapat di analogikan sebagai depot.

Lokasi pelanggan akan tersebar dalam daerah operasi gudang tersebut dengan jumlah permintaan yang telah diketahui di awal. Setiap pelanggan harus dilayani satu kali oleh kendaraan yang sama. Barang akan dikirimkan menuju pelanggan dengan menggunakan kendaraan dengan kapasitas yang identik dan perusahaan perlu mencari rute untuk setiap kendaraan yang dapat meminimasi ongkos. Penentuan rute harus dilakukan dalam waktu yang singkat sedangkan untuk mencari rute optimal memerlukan waktu yang lama sehingga perlu digunakan metode yang lebih cepat.

I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Pencarian rute optimal dalam penyelesaian masalah CVRP dapat dilakukan dengan menggunakan metode eksak (analitic), heuristik, atau metaheuristik. Metode eksak yang digunakan untuk menyelesaikan CVRP adalah *branch and bound* (Toth dan Vigo, 2002). Namun, penyelesaian dengan menggunakan metode eksak sulit dilakukan karena CVRP adalah suatu masalah yang tergolong dalam *NP-hard* (Toth dan Vigo, 2002). Optimasi rute untuk mendapatkan ongkos paling rendah sulit dilakukan karena terdapat banyak variasi solusi yang dapat dihasilkan untuk CVRP sehingga akan memakan waktu yang lama. Batas ukuran masalah yang dapat diselesaikan dengan optimal menggunakan metode eksak hanya 50 pelanggan (Toth dan Vigo, 2002). Pada kasus nyata jumlah pelanggan yang harus dilayani dapat melebihi 50 pelanggan sehingga penerapan metode lain untuk menyelesaikan CVRP perlu dilakukan.

CVRP dapat diselesaikan dengan menggunakan metode heuristik yang merupakan suatu metode pendekatan yang dapat memberikan solusi yang “memuaskan” dalam waktu yang dapat diterima (Talbi, 2009). Metode heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah CVRP adalah metode *sweep algorithm* (Suthikarnnarunai, 2008). Namun, menurut (Talbi, 2009) metode heuristik memiliki kelemahan yaitu metode ini dapat terjebak pada solusi lokal optimal. Dengan alasan ini, dirancanglah penyelesaian CVRP dengan metode metaheuristik. Menurut Talbi (2009), metaheuristik dapat didefinisikan sebagai metode lanjut (*advanced*) berbasis heuristik untuk menyelesaikan persoalan optimisasi secara efisien. Metode metaheuristik memiliki kemampuan mencari di dalam ruang solusi yang lebih luas karena memiliki mekanisme eksplorasi dan eksploitasi. Pemilihan untuk menggunakan metode metaheuristik didasari alasan

metode ini cepat dan bisa menghasilkan solusi yang lebih baik dari metode heuristik.

Salah satu algoritma *metaheuristic* adalah *swarm intelligence algorithm*. *Swarm intelligence algorithm* merupakan algoritma yang terinspirasi dari tingkah laku suatu spesies seperti semut, ikan, burung (Talbi, 2009). CVRP telah berhasil di selesaikan dengan menggunakan beberapa algoritma *swarm intelligence* seperti *Genetic Algorithm* (Costa, Machado, Pereira and Tavares, 2002), *Artificial Bee Colony* (Brajevic, 2011), dan *Dragonfly Algorithm* (Susanto, 2016) sehingga terdapat potensi untuk menggunakan algoritma *swarm intelligence* lainnya untuk menyelesaikan CVRP.

Algoritma *swarm intelligence* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *Pigeon Inspired Optimization* (PIO) yang terinspirasi dari kemampuan burung merpati yang dapat mencari jalan pulang sendiri (*homing ability*) (Duan, 2014). Terdapat dua kemampuan merpati yang digunakan sebagai inspirasi dalam algoritma ini. Pertama *map and compass operator*. *Map and compass operator* adalah kemampuan untuk mengenali kountur tanah dengan *magnetoreception* untuk membentuk sebuah peta didalam otak mereka. Merpati melihat ketinggian dari matahari sebagai kompas untuk membantu mereka menentukan arah. Kemampuan ini banyak digunakan di awal perjalanan dan semakin berkurang penggunaannya saat mendekati tujuan. Kemampuan kedua adalah *landmark operator*. *landmark operator* adalah kemampuan yang digunakan pada saat merpati terbang mendekati tujuannya yaitu dengan mengandalkan tanda-tanda geografis. Jika mereka sudah mengenali tanda-tanda geografis pada tujuan mereka maka merpati akan langsung terbang menuju ke tujuan. Namun jika mereka berada jauh dari tujuan dan tidak mengenali tanda-tanda geografis tujuannya maka mereka akan mengikuti merpati yang mengenal tujuannya. Pada proses *map and compass operator* terdapat 2 parameter yang mengatur proses ini yaitu parameter R (*map and compass factor*) yang mempengaruhi nilai kecepatan dan NC_1 max yang merupakan jumlah iterasi proses *map and compass operator*. Pada proses *landmark operator* terdapat parameter NC_2 max yang merupakan jumlah iterasi proses *landmark operator*. Parameter lain yang ada pada algoritma ini adalah jumlah merpati yang digunakan.

Menurut penelitian Duan (2014) algoritma *Pigeon Inspired Optimization* (PIO) memiliki tingkat konvergensi yang tinggi dan terbukti lebih konvergen

dibandingkan *Artificial Bee Colony* dan *Genetic Algorithm*. Algoritma *Pigeon Inspired Optimization* telah digunakan untuk menyelesaikan *transportation problem* dan mampu menghasilkan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma *Viral System*. Melihat bahwa CVRP pernah diselesaikan dengan baik menggunakan algoritma *swarm intelligence* dan melihat potensi yang dimiliki oleh algoritma *Pigeon Inspired Optimization* maka dalam penelitian ini algoritma *Pigeon Inspired Optimization* (PIO) akan digunakan untuk menyelesaikan CVRP. Dengan mengaplikasikan algoritma *Pigeon Inspired Optimization* ke beberapa kasus CVRP diharapkan performansi dari algoritma ini dapat diketahui. Performansi algoritma *Pigeon Inspired Optimization* akan dibandingkan dengan performansi algoritma lain yang pernah digunakan untuk menyelesaikan CVRP.

Berdasarkan hasil identifikasi masalah diatas, maka masalah dapat diidentifikasi dan dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan algoritma *Pigeon Inspired Optimization* dalam untuk menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP)?
2. Bagaimana pengaruh parameter-parameter yang terdapat dalam *Pigeon Inspired Algorithm* terhadap performansi *Pigeon Inspired Algorithm*?
3. Bagaimana hasil perbandingan solusi dari permasalahan *benchmark* yang digunakan algoritma *Dragonfly Algorithm* (Susanto, 2016), *Artificial Bee Colony* (Brajevic, 2011) dan *Genetic Algorithm* (Costa, 2002) dalam menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP)?

I.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang digunakan pada penelitian penerapan algoritma *Pigeon Inspired Optimization* pada *Capacitated Vehicle Routing Problem* adalah sebagai berikut:

1. Permasalahan yang diselesaikan pada penelitian ini terbatas pada kasus *benchmark* umum yang telah digunakan.
2. Waktu penyelesaian tidak digunakan sebagai ukuran performansi karena perbedaan spesifikasi komputer yang digunakan.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan metode *metaheuristic* algoritma *Pigeon Inspired Optimization* untuk menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem*

2. Mengetahui parameter yang berpengaruh pada *Pigeon Inspired Optimization* terhadap performansi.
3. Mengetahui hasil perbandingan solusi pada permasalahan *benchmark* yang telah digunakan pada *Genetic Algorithm* (Costa, 2002), *Dragonfly Algorithm* (Susanto, 2016) dan *Artificial Bee Colony* (Brajevic, 2011).

I.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah pengetahuan mengenai penggunaan *Pigeon Inspired Optimization* dalam penyelesaian masalah *combinatorial*
2. Menambah referensi mengenai penelitian yang berkaitan dengan algoritma *Pigeon Inspired Optimization* dan *Capacitated Vehicle Routing Problem*

I.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan rincian dari prosedur yang digunakan dalam membuat penelitian ini. Berikut adalah uraian dari metodologi yang digunakan

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan salah satu proses pertama yang dilakukan untuk membantu penentuan topik. Proses ini dimulai dari mencari referensi penelitian terdahulu yang bisa berupa buku maupun jurnal.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah menentukan topik berdasarkan studi literatur yang dilakukan, penelitian dimulai dengan melakukan identifikasi permasalahan. Hasil dari identifikasi masalah adalah rumusan masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini.

3. Pembatasan Masalah dan Asumsi

Pembatasan masalah dilakukan untuk membuat penelitian tetap fokus pada suatu masalah yang di bahas dan menghasilkan solusi yang tepat untuk permasalahan yang muncul

4. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penentuan tujuan dan manfaat penelitian dilakukan untuk memastikan bahwa penelitian memiliki tujuan dan manfaat yang jelas. Tujuan dan manfaat penelitian ditentukan berdasarkan rumusan masalah.

5. Perancangan Algoritma *Pigeon Inspired Optimization* untuk masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem*

Algoritma *Pigeon Inspired Optimization* dirancang agar dapat menyelesaikan masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem*.

6. Verifikasi dan Validasi Algoritma

Dilakukan verifikasi dan validasi algoritman *Pigeon Inspired Optimization* untuk memastikan bahwa algoritma ini telah sesuai untuk menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem*

7. Pembuatan Program Berdasarkan Algoritma

Rancangan algoritma yang telah di verifikasi dan telah dinyatakan valid akan dikembangkan dalam bentuk program komputer untuk menyelesaikan kasus *benchmark Capacitated Vehicle Routing Problem* yang digunakan

8. Verifikasi dan Validasi Program

Program komputer yang telah dibuat diverifikasi dan divalidasi terlebih dahulu untuk memastikan bahwa program telah dibuat sesuai dengan rancangan algoritma.

9. Penerapan Algoritma Secara Terkomputerisasi

Program yang telah diverifikasi dan dinyatakan valid digunakan untuk menyelesaikan kasus *benchmark* untuk menghasilkan solusi yang akan dibandingkan dengan solusi algoritman pembanding

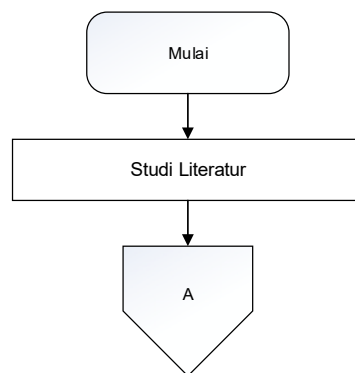
10. Analisis

Dilakukan analisis performansi *Pigeon Inspired Optimization* dan parameter-parameter yang berpengaruh terhadap solusi dalam penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem*

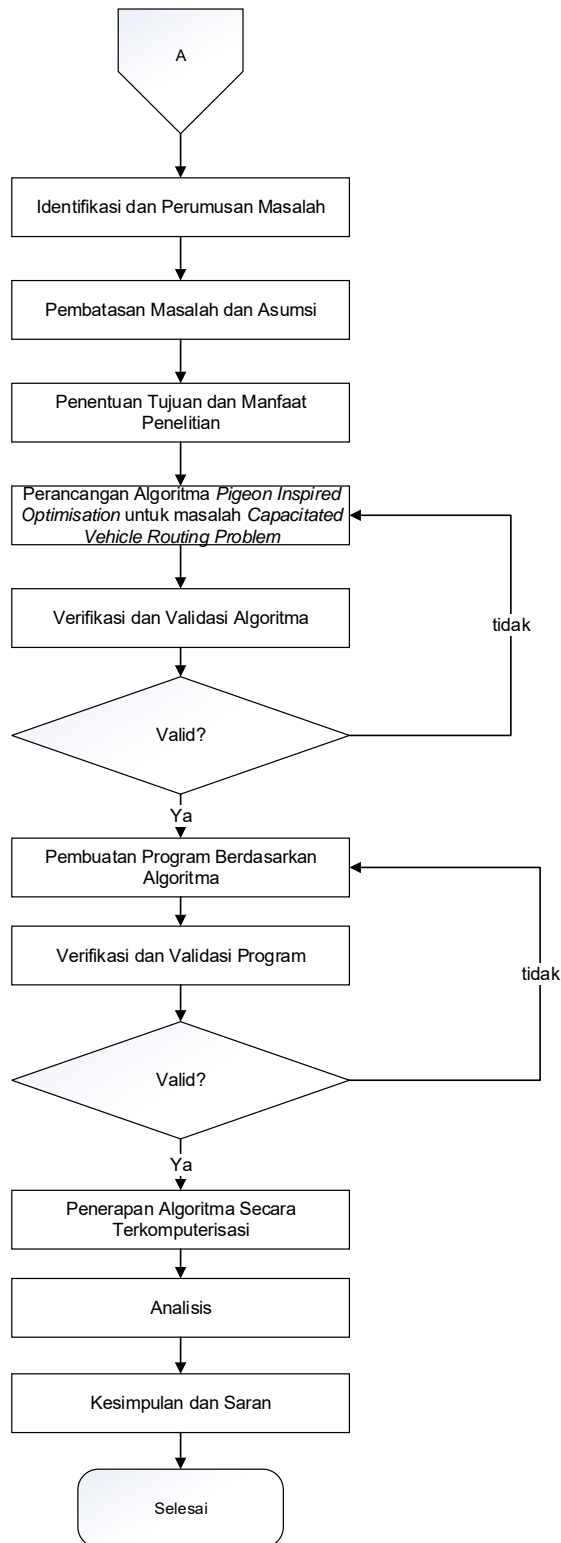
11. Kesimpulan dan Saran

Melakukan penarikan kesimpulan yang menjawab rumusan masalah dan memberikan saran bagi penelitian selanjutnya

Flowchart dari metodologi penelitian yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar I.1



Gambar I.1 Metodologi Penelitian



Gambar I.1 Metodologi Penelitian

I.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan berisi tentang penjelasan mengenai penelitian yang dilakukan. Berikut adalah sistematika penulisan pada penelitian ini :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, identifikasi masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan yang digunakan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian, yaitu *Capacitated Vehicle Routing Problem*. Pada bab ini juga membahas mengenai algoritma yang diterapkan untuk menyelesaikan masalah, yaitu *Pigeon Inspired Optimization*. Selain itu, akan dibahas mengenai *factorial experimental design*, fungsi sigmoid, dan metode 2-opt.

BAB III PERANCANGAN DAN PENERAPAN ALGORITMA

Bab ini berisi perancangan dan pengembangan algoritma yang untuk menyelesaikan permasalahan yang diteliti. Rancangan itu disusun dalam bentuk *flowchart*. Selain itu, terdapat uji verifikasi dan validasi untuk algoritma. Validasi dilakukan dengan menerapkan algoritma pada kasus sederhana untuk memastikan bahwa rancangan algoritma dapat menyelesaikan CVRP.

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA

Bab ini berisi penerapan algoritma terhadap CVRP. Penerapan algoritma dilakukan dengan menggunakan aplikasi NetBeans IDE berdasarkan *flowchart* yang telah dibuat. Melakukan verifikasi dan validasi pada program terlebih dahulu sebelum menerapkannya. Pada bab ini juga dijelaskan mengenai hasil penerapan, penentuan hipotesis, dan pengujian parameter.

BAB V ANALISIS

Bab ini berisi analisis dan evaluasi hasil penerapan *Pigeon Inspired Optimization* dan penerapannya untuk menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem*. Analisis akan dilakukan pada proses *encoding* dan *decoding*, perubahan posisi algoritma PIO, analisis mengenai hasil pengujian parameter algoritma PIO, analisis interaksi antara parameter algoritma PIO, analisis mengenai penggunaan *local improvement*, analisis performansi, dan analisis mengenai kelemahan algoritma PIO.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang ditarik dari penelitian yang telah dilakukan dengan menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan pada bab I. Bab ini juga berisi tentang saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya