

**PENERAPAN ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING*
UNTUK MENYELESAIKAN PERMASALAHAN *MULTI-
TRIP LOCATION ROUTING PROBLEM***

SKRIPSI

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

Disusun oleh:

Nama : Sherly Putri Dewi

NPM : 6131801075



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2022**

**APPLICATION OF THE SIMULATED ANNEALING
ALGORITHM TO SOLVE THE MULTI-TRIP LOCATION
ROUTING PROBLEM**

THESIS

Submitted to fulfill one of the requirements to achieve
a degree Bachelor in Industrial Engineering

Arrange by:

Name : Sherly Putri Dewi

NPM : 6131801075



**INDUSTRIAL ENGINEERING GRADUATE STUDY PROGRAM
INDUSTRIAL ENGINEERING MAJOR
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
BANDUNG
2022**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN BANDUNG**



Nama : Sherly Putri Dewi
NPM : 6131801075
Program Studi : Sarjana Teknik Industri
Judul Skripsi : PENERAPAN ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING*
UNTUK MENYELESAIKAN PERMASALAHAN *MULTI-TRIP LOCATION ROUTING PROBLEM*

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Agustus 2022
**Ketua Program Studi Sarjana
Teknik Industri**

(Dr. Ceceana Tesavrita, S.T., M.T.)

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

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

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

PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Sherly Putri Dewi

NPM : 6131801075

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan Judul:
PENERAPAN ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING* UNTUK
MENYELESAIKAN PERMASALAHAN *MULTI-TRIP LOCATION 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, 12 Juli 2022



Sherly Putri Dewi
NPM : 6131801075

ABSTRAK

Multi-Trip Location Routing Problem (MTLRP) merupakan suatu pengembangan permasalahan dari *Vehicle Routing Problem* (VRP). Dalam MTLRP akan ditentukan depot yang akan digunakan dan rute perjalanan setiap kendaraan, di mana fungsi objektif dari MTLRP adalah meminimasi biaya. Setiap kendaraan pada MTLRP ini bersifat heterogen dan dapat melakukan beberapa kali perjalanan.

Dalam penelitian ini, MTLRP akan diselesaikan dengan menggunakan algoritma *Simulated Annealing* (SA). SA merupakan salah satu algoritma metaheuristik yang dapat menghindari lokal optimal. Terdapat 4 parameter SA yang digunakan yaitu suhu maksimum (Tmax), suhu minimum (Tmin), *cooling rate* (CR), dan jumlah replikasi maksimum (Nmax). Selain itu, terdapat solusi tetangga yang akan selalu dibangkitkan pada iterasi dan replikasi tertentu. Pembangkitan solusi tetangga ini akan menggunakan metode *neighborhood moves*, yaitu *insert*, *swap*, dan *reverse*.

Algoritma SA diimplementasikan ke dalam 5 kasus hipotetik, dengan 3 parameter yaitu Tmax, Tmin, dan CR, di mana setiap parameter memiliki 2 level. Dari pengolahan data yang ada, didapatkan bahwa CR memiliki pengaruh terhadap performansi algoritma SA. Kemudian, dari 5 kasus tersebut, didapatkan 1 kasus mencapai solusi optimal sedangkan sisanya memiliki selisih penyimpangan maksimum sebesar 2,828%.

Kata Kunci: Algoritma *Simulated Annealing*, *Multi-Trip Location Routing Problem*, *Neighborhood Moves*, *City Logistiscs*

ABSTRACT

Multi-Trip Location Routing Problem (MTLRP) is a development problem from *Vehicle Routing Problem* (VRP). In the MTLRP, the depot that will be used and the route of each vehicle will be determined, where the objective function of the MTLRP is to minimize costs. Each vehicle in the MTLRP is heterogeneous and can make multiple trips.

In this study, MTLRP will be solved using the Simulated Annealing (SA) algorithm. SA is a metaheuristic algorithm that can avoid local optimality. There are 4 SA's parameters used, named maximum temperature (Tmax), minimum temperature (Tmin), cooling rate (CR), and maximum number of replications (Nmax). In addition, there are neighboring solutions that will always be generated at certain iterations and replications. The neighboring solution generation will use the neighborhood moves method, named insert, swap, and reverse.

The SA algorithm is implemented in 5 hypothetical cases, with 3 parameters, named Tmax, Tmin, and CR, where each parameter has 2 levels. From the existing data processing, it is found that CR has an influence on the performance of the SA algorithm. Then from these 5 cases, 1 case reached the optimal solution while the rest had a maximum deviation difference of 2.828%.

Keywords: Simulated Annealing Algorithm, Multi-Trip Location Routing Problem, Neighborhood Moves, City Logistics

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penerapan Algoritma *Simulated Annealing* untuk menyelesaikan *Multi-Trip Location Routing Problem*” ini dengan baik dan tepat waktu. Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar Sarjana dalam bidang Ilmu Teknik Industri di Universitas Katolik Parahyangan. Penulis juga menyadari bahwa skripsi yang telah disusun masih memiliki banyak kekurangan. Namun, penulis berharap agar skripsi ini dapat menjadi referensi bagi pembaca dan penelitian yang lebih lanjut lagi. Dengan segala keterbatasan, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah mendukung penulis dalam menyusun skripsi ini.

1. Orang tua dan keluarga dari penulis yang telah memberikan dukungan secara moril maupun materil, serta memberikan doa selama penulis mengemban pendidikan di Bandung.
2. Ibu Ir. Cynthia Prithadevi Juwono, Ir., M.S. dan Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing dari penulis yang telah memberikan *insight* baru, masukan, bantuan, dan motivasi, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.
3. Bapak Dedy Suyadi, S.T., M.S., Ph.D. dan Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M., selaku dosen penguji proposal skripsi yang telah memberikan saran, masukan, dan motivasi terkait penelitian yang dilakukan.
4. Bapak Dedy Suryadi, S.T., M.S., Ph.D. dan Dr. Sugih Sudharma Tjandra, S.T., M.Si., selaku dosen penguji sidang skripsi yang telah memberikan masukan dan motivasi kepada penulis.
5. Seluruh dosen Teknik Industri Unpar yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang sangat berguna bagi penulis selama 4 tahun ini.
6. Teman-teman penulis dari kelas B angkatan 2018, yang telah memberikan keceriaan dan kehangatan selama berdinamika bersama di Teknik Industri Unpar.

7. Teman-teman komseel Unpar 3 (Mission 21) yang telah memberikan dukungan secara moril dan doa, sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan ini dengan baik.
8. Alma Geraldine, Aldeyna Diani, Laura Balfour, Yosua Eka, David Setiawan, Ethania Duha, Lisa Yohana, Vanessa, Shaunelee, Kania Abel, Samuel Aldolfo, William Andhika, Surya Krisna, Angelic, Gerry Sebastian, Vincent Tandreaan, Kennedy Yeremia, Jonathan Dinbara, Felicia, Valerie Sambas, dan Clarissa Irene, selaku teman *homecell* dari penulis yang telah mendoakan, mendukung, dan menemani dalam suka maupun duka.
9. Nadia Koernia, Kevin Andreas K., Alan Darmasaputra R., Ricky Gunarto, M Rifky Farras, Cornelius, Livia Nathania, Debora Angela, dan Aubrey Dimitri, selaku teman dekat penulis yang telah memberikan hiburan, masukan, dan motivasi kepada penulis selama berdinamika di TI UNPAR selama 4 tahun dan mengerjakan penelitian ini.
10. Chaterine Nathallia, Patricia Delinda, Caleen Belinda, dan Fiona Stella, selaku teman Teknik Industri UNPAR Angkatan 2019, yang telah memberikan semangat dan mendoakan penulis selama mengerjakan penelitian ini.
11. Leonardo Kurniawan Boediono, selaku teman dekat penulis yang telah memberikan semangat dan menjadi *support system* selama penulisan penelitian ini berlangsung.
12. Rekan-rekan asisten Perancangan Sistem Terintegrasi II, yang telah bekerja sama dengan baik selama satu semester terakhir ini.
13. Teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas setiap bantuan dan motivasi yang telah diberikan selama penelitian ini berlangsung.

Bandung, 14 Juli 2022

Sherly Putri Dewi

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-4
I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Masalah.....	I-7
I.4 Tujuan Penelitian.....	I-8
I.5 Manfaat Penelitian.....	I-8
I.6 Metodologi Penelitian.....	I-8
I.7 Sistematika Penulisan.....	I-12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 <i>City Logistics</i> (Logistik Perkotaan).....	II-1
II.2 <i>Location Routing Problem</i> (LRP).....	II-2
II.3 <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP).....	II-3
II.4 <i>Multi-Trip Vehicle Routing Problem</i> (MTVRP).....	II-5
II.5 <i>Multi-Trip Location Routing Problem</i> (MTLRP).....	II-5
II.6 Algoritma Metaheuristik.....	II-8
II.7 Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	II-9
II.8 <i>Neighborhood Moves</i>	II-11
II.9 Desain Eksperimen.....	II-12
BAB III PERANCANGAN ALGORITMA	III-1
III.1 <i>Encoding dan Decoding</i>	III-1
III.2 Pencarian Solusi Tetangga, Perhitungan, dan Evaluasi <i>Fitness</i>	III-11

III.3	Perancangan Algoritma	III-22
III.3.1	Notasi Algoritma	III-23
III.3.2	Algoritma Utama.....	III-24
III.3.3	Algoritma Pembuatan Solusi Awal.....	III-26
III.3.4	Algoritma Pencarian Solusi Tetangga Utama	III-28
III.3.5	Algoritma Perubahan Depot	III-28
III.3.6	Algoritma Perubahan Kendaraan.....	III-30
III.3.7	Algoritma Perubahan Konsumen Utama.....	III-31
III.3.8	Algoritma Pemindahan Satu Konsumen	III-31
III.3.9	Algoritma Pertukaran Dua Konsumen.....	III-33
III.3.10	Algoritma <i>Assign</i> Ulang dan <i>Assign</i> Kendaraan....	III-34
III.4	Verifikasi Algoritma.....	III-34
III.5	Validasi Algoritma	III-48
BAB IV	IMPLEMENTASI ALGORITMA	IV-1
IV.1	Verifikasi dan Validasi Program Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	IV-1
IV.1.1	Verifikasi Program.....	IV-2
IV.2.2	Validasi Program.....	IV-14
IV.2	Penentuan Nilai Parameter Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	IV-18
IV.3	Implementasi Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	IV-19
IV.3.1	<i>Dataset 3</i>	IV-20
IV.3.2	<i>Dataset 4</i>	IV-23
IV.3.3	<i>Dataset 11</i>	IV-24
IV.3.4	<i>Dataset 14</i>	IV-27
IV.3.5	<i>Dataset 15</i>	IV-29
IV.4	Pengujian Parameter Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	IV-35
BAB V	ANALISIS.....	V-1
IV.1	Analisis Proses <i>Encoding</i> dan <i>Decoding</i>	V-1
IV.2	Analisis Pemilihan Parameter Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	V-2
IV.3	Analisis Hasil Pengujian Parameter.....	V-4
IV.4	Analisis Perbandingan Hasil Algoritma <i>Simulated Annealing</i> dengan Hasil Model Analitik.....	V-5

BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
VI.1	Kesimpulan	VI-1
VI.2	Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Karakteristik Permasalahan.....	II-7
Tabel III.1	Data Waktu Tempuh.	III-2
Tabel III.2	Rekapitulasi <i>Update Assignment</i> Konsumen ke Depot.....	III-6
Tabel III.3	Rekapitulasi Hasil <i>Assignment</i> Kendaraan Solusi Awal.....	III-9
Tabel III.4	Rekapitulasi Perubahan Solusi Tetangga.....	III-15
Tabel III.5	Rekapitulasi <i>Assignment</i> Konsumen ke Depot Iterasi 1 Replikasi 1	III-16
Tabel III.6	Rekapitulasi <i>Assignment</i> Kendaraan Iterasi 1 Replikasi 1	III-16
Tabel III.7	Rekapitulasi <i>Assignment</i> Konsumen ke Depot Iterasi 2 Replikasi 1	III-18
Tabel III.8	Rekapitulasi <i>Assignment</i> Kendaraan Iterasi 2 Replikasi 1	III-19
Tabel III.9	Rekapitulasi <i>Assignment</i> Konsumen ke Depot Iterasi 3 Replikasi 1	III-20
Tabel IV.1	Kombinasi Parameter.....	IV-19
Tabel IV.2	<i>Dataset</i> Implementasi Algoritma.....	IV-20
Tabel IV.3	Waktu Tempuh <i>Dataset</i> 3.....	IV-20
Tabel IV.4	Hasil Implementasi Algoritma SA pada <i>Dataset</i> 3	IV-21
Tabel IV.5	Hasil Implementasi Algoritma SA pada <i>Dataset</i> 4	IV-23
Tabel IV.6	Waktu Tempuh <i>Dataset</i> 11	IV-25
Tabel IV.7	Hasil Implementasi Algoritma SA pada <i>Dataset</i> 11.....	IV-25
Tabel IV.8	Waktu Tempuh <i>Dataset</i> 14.....	IV-27
Tabel IV.9	Hasil Implementasi Algoritma SA pada <i>Dataset</i> 14.....	IV-27
Tabel IV.10	Hasil Implementasi Algoritma SA pada <i>Dataset</i> 15.....	IV-29
Tabel IV.11	Perbandingan SA dengan Model Matematis.....	IV-31
Tabel IV.12	Waktu Tempuh <i>Dataset</i> Tambahan.....	IV-32
Tabel IV.13	Hasil Implementasi Algoritma SA pada <i>Dataset</i> Tambahan.....	IV-33
Tabel IV.14	Rekapitulasi Uji ANOVA	IV-40
Tabel V.1	Rekapitulasi Selisih Solusi.....	V-7

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	I-11
Gambar III.1	Hasil Akhir <i>Assignment</i> Solusi Awal.....	III-10
Gambar III.2	Alternatif Perubahan Depot.....	III-12
Gambar III.3	Alternatif Perubahan Konsumen Bagian Pemindahan Konsumen	III-13
Gambar III.4	Alternatif Perubahan Konsumen Bagian Pertukaran Konsumen	III-14
Gambar III.5	Alternatif Perubahan Kendaraan.....	III-14
Gambar III.6	Hasil Akhir <i>Assignment</i> Iterasi 1 Replikasi 1	III-17
Gambar III.7	Hasil Akhir <i>Assignment</i> Iterasi 2 Replikasi 1	III-20
Gambar III.8	Hasil Akhir <i>Assignment</i> Iterasi 3 Replikasi 1	III-21
Gambar IV.1	Program <i>Input</i> Data Awal MTLRP	IV-2
Gambar IV.2	Program <i>Input</i> Data Awal Waktu Distribusi	IV-3
Gambar IV.3	Program <i>Input</i> Parameter <i>Simulated Annealing</i>	IV-4
Gambar IV.4	Program Solusi Awal <i>Assignment</i> Depot.....	IV-5
Gambar IV.5	Program <i>Assignment</i> Kendaraan	IV-6
Gambar IV.6	Program Perhitungan Total Biaya	IV-7
Gambar IV.7	Program Perhitungan <i>Simulated Annealing</i>	IV-8
Gambar IV.8	Program Pencarian Solusi Tetangga	IV-9
Gambar IV.9	Program Pemilihan Perubahan Depot.....	IV-10
Gambar IV.10	Program Detil Perubahan Depot	IV-11
Gambar IV.11	Program Pemilihan Perubahan Kendaraan.....	IV-12
Gambar IV.12	Program Detil Perubahan Kendaraan	IV-12
Gambar IV.13	Program Pemilihan Perubahan Konsumen	IV-14
Gambar IV.14	Validasi <i>Input</i> Parameter Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	IV-15
Gambar IV.15	Validasi <i>Input</i> Jumlah Kendaraan	IV-16
Gambar IV.16	Validasi Pertukaran Kendaraan Alternatif Kedua	IV-16
Gambar IV.17	Validasi Kapasitas Depot.....	IV-17
Gambar IV.18	Validasi Jumlah Iterasi dan Replikasi.....	IV-18
Gambar IV.19	Dua Rute <i>Dataset</i> 3	IV-22

Gambar IV.20	Dua Rute <i>Dataset</i> 4	IV-24
Gambar IV.21	Tiga Rute <i>Dataset</i> 11	IV-27
Gambar IV.22	Dua Rute <i>Dataset</i> 14	IV-29
Gambar IV.23	Tiga Rute <i>Dataset</i> 15.....	IV-31
Gambar IV.24	Rute Data Tambahan.....	IV-34
Gambar IV.25	Uji ANOVA <i>Dataset</i> 3.....	IV-37
Gambar IV.26	Uji ANOVA <i>Dataset</i> 4.....	IV-37
Gambar IV.27	Uji ANOVA <i>Dataset</i> 14.....	IV-38
Gambar IV.28	Uji Tukey <i>Dataset</i> 14.....	IV-38
Gambar IV.29	Uji ANOVA <i>Dataset</i> 15.....	IV-39
Gambar IV.30	Uji ANOVA <i>Dataset</i> Tambahan.....	IV-40

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	<i>FLOWCHART ALGORITMA SIMULATED ANNEALING</i>	A-1
LAMPIRAN B	HASIL IMPLEMENTASI ALGORITMA.....	B-1

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai pendahuluan dari penelitian ini. Pendahuluan ini akan menjadi dasar dari penelitian ini, di mana akan berisi mengenai latar belakang, identifikasi dan perumusan masalah, batasan dan asumsi penelitian, tujuan dan manfaat dari penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan. Berikut adalah penjabaran dari pendahuluan penelitian ini.

I.1 Latar Belakang Masalah

Di era globalisasi ini, kemajuan teknologi menjadi hal yang tidak dapat dihindari oleh siapapun. Hal ini dikarenakan semakin berkembangnya jaman dan ilmu pengetahuan, maka teknologi juga akan semakin berkembang. Adanya kemajuan teknologi yang pesat di suatu negara mengakibatkan pekerjaan setiap manusia menjadi semakin mudah seiring berjalannya dengan waktu.

Salah satu bentuk perkembangan teknologi yang memudahkan pekerjaan manusia adalah maraknya bisnis *online* yang dijalankan beberapa tahun yang lalu, tepatnya pada tahun 1995. Menurut Lentera Bisnis (2020), bisnis *online* pertama kali ditandai dengan berdirinya dua perusahaan yang besar yaitu Amazon dan Ebay pada tahun 1995. Menurut Chaffey (2009), *e-business* adalah suatu peristiwa pertukaran informasi yang dilakukan secara elektronik di dalam suatu proses bisnis yang dijalankan oleh suatu organisasi maupun perorangan. Kegiatan *e-business* ini telah dikenal oleh banyak orang dan memiliki banyak kemudahan. Salah satu kemudahan yang sangat dirasakan pada masa pandemi ini adalah kurangnya kontak fisik secara langsung antara penjual dengan konsumen, khususnya bagi mereka yang tinggal di daerah perkotaan. Berkembangnya *e-business* pada masa pandemi ini tentunya juga berimplikasi dengan perkembangan jasa kurir yang ada. Menurut MarkPlus, Inc. (2020), hasil dari survei cepat yang dilakukan oleh MarkPlus, Inc. terhadap 122 responden di seluruh Indonesia adalah terdapat 85,2% masyarakat yang menggunakan jasa kurir untuk melakukan pengiriman barang dari *e-commerce* atau *e-business*.

Di Indonesia sendiri terdapat berbagai macam jasa kurir, seperti J&T Express, JNE, TIKI, SiCepat, AnterAja, dan lain-lain. Sama seperti survei sebelumnya, tentunya pada masa pandemi ini jasa kurir yang ada di Indonesia juga mengalami lonjakan pesanan yang cukup signifikan. Menurut Junida (2020), J&T Express mengalami peningkatan transaksi sebesar lebih dari 40%, khususnya saat lebaran. Pada bulan Ramadhan, perusahaan tersebut mengalami lonjakan volume pengiriman hingga tiga juta paket per harinya. Selain J&T Express, JNE mengalami peningkatan volume pemesanan sebanyak lebih dari 30% saat periode Ramadan di masa pandemi ini (Yati, 2021). Selain J&T Express dan JNE, tentunya keseluruhan jasa kurir di Indonesia mengalami peningkatan volume pemesanan, karena konsumen lebih merasakan efek positif saat mengirimkan barang dengan menggunakan jasa kurir (Puspa, 2020).

Dengan maraknya penggunaan jasa kurir ini mengakibatkan semakin banyak kendaraan yang berkeliling dan semakin tingginya frekuensi pengantaran barang di daerah perkotaan yang dapat menyebabkan polusi, kebisingan, konsumsi energi yang berlebihan, dan kemacetan. Permasalahan pencemaran udara kian lama menjadi permasalahan yang cukup serius untuk disorot. Hal ini dikarenakan pengaruh polusi udara yang buruk akan berpengaruh buruk pula terhadap pemanasan efek rumah kaca dan menimbulkan pemanasan global atau *global warming* (Sudrajad, 2006). Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak polusi udara akibat kendaraan bermotor, diperlukan sistem perencanaan transportasi yang baik, mengingat proses pendistribusian barang adalah salah satu proses yang dapat dimodelkan dan direncanakan dengan matang. Untuk menyelesaikan permasalahan ini, akan digunakan konsep logistik perkotaan (*city logistics*). Logistik perkotaan merupakan bagian dari manajemen rantai pasok (*supply chain management*) yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengantaran barang di lingkungan perkotaan dengan meminimalkan dampak kemacetan, polusi, konsumsi energi dan keselamatan (Neghabadi, Samuel, & Espinouse, 2016).

Selain kemudahan, salah satu faktor yang dapat meningkatkan kepuasan konsumen dalam berbelanja *online* adalah kecepatan pengiriman. Menurut Widiyanto (2021), berdasarkan survei yang telah dilakukan didapatkan hasil sebanyak 57% responden mengeluhkan keterlambatan pengiriman yang dilakukan oleh jasa kurir. Untuk meningkatkan kepuasan konsumen, kegiatan

pengiriman harus dilakukan dengan jarak yang sedekat mungkin dengan konsumen. Pihak penjual harus membuat suatu keputusan di mana depot harus dibangun dan bagaimana rute kendaraan yang melayani konsumen dari depot tersebut. Berkesesuaian dengan konsep *city logistics*, biasanya kegiatan pengiriman dilakukan dalam volume yang kecil. Oleh karena itu, proses pendistribusian barang akan dilakukan dengan menggunakan kendaraan yang kecil. Selain mengejar kepuasan konsumen, pihak penjual akan mengejar tingkat efisiensi, di mana satu kendaraan kecil diperbolehkan untuk menjalankan beberapa rute pengiriman dalam suatu periode tertentu.

Penentuan lokasi depot dan penentuan rute kendaraan termasuk dalam permasalahan LRP atau *Location Routing Problem* (Prodhon dan Prins, 2014). Sedangkan, permasalahan di mana sebuah kendaraan diperbolehkan untuk melakukan lebih dari satu *trip* dalam satu periode waktu disebut dengan MTLRP atau *Multi-Trip Vehicle Routing Problem* (Cattaruzza, Feillet, & Vidal, 2016). Sesuai dengan penjabaran sebelumnya, penelitian ini akan menggabungkan kedua permasalahan tersebut. Penggabungan dari LRP dan MTLRP adalah MTLRP (*Multi-Trip Location Routing Problem*) (Juwono, Setiawan, Vicario, & Sitompul, 2021).

Menurut Nagy dan Salhi (2007), permasalahan LRP adalah permasalahan yang bersifat NP-hard, karena LRP merupakan kombinasi dari dua permasalahan NP-hard lainnya yaitu *facility location* dan *vehicle routing*. Selain itu, permasalahan MTLRP merupakan permasalahan optimasi kombinatorial yang bersifat NP-hard (*Non-deterministic Polynomial-time hard*) (Labadie, Prodhon, & Prins, 2016). Oleh karena itu, dapat disimpulkan pula bahwa permasalahan MTLRP adalah permasalahan NP-hard, karena MTLRP adalah gabungan dua permasalahan NP-hard juga yaitu LRP dan MTLRP. Permasalahan NP-hard merupakan permasalahan yang waktu komputasinya meningkat secara eksponensial seiring dengan bertambah kompleksnya permasalahan tersebut. Permasalahan MTLRP merupakan permasalahan yang termasuk kedalam kategori permasalahan operasional (rentang waktu keputusannya harian) sehingga solusi eksak yang membutuhkan waktu komputasi yang lama seringkali tidak relevan. Oleh karena itu, untuk menyelesaikan permasalahan optimasi kombinatorial yang kompleks yang lebih sesuai dengan keadaan nyata, maka banyak dikembangkan metode metaheuristik (Labadie et al.).

Metode metaheuristik merupakan sebuah proses algoritma pencarian parsial yang menggabungkan beberapa konsep untuk mengeksploitasi ruang pencarian, di mana hal tersebut akan digunakan untuk menyusun informasi dalam menemukan solusi yang mendekati optimal secara efisien (Osman & Laporte, 1996). Dengan kata lain, metode metaheuristik ini akan mencari solusi terbaik dari beberapa solusi yang ada, tetapi solusi tersebut bukanlah solusi yang optimal. Menurut Gandomi, Yang, Talatahari, dan Alavi (2013), algoritma metaheuristik terklasifikasi ke dalam dua kategori utama yaitu *Evolutionary Algorithms* dan *Swarm Algorithms*. Beberapa algoritma metaheuristik yang termasuk ke dalam *Evolutionary Algorithms* adalah *Genetic Algorithm*, *Differential Evolution*, dan *Harmony Search*. Sedangkan, algoritma metaheuristik yang tergolong ke dalam *Swarm-Intelligence-Based Algorithms* adalah *Particle Swarm Optimization*, *Ant Colony Optimization*, *Bee Algorithms*, *Firefly Algorithm*, *Cuckoo Search*, *Bat Algorithm*, *Charged System Search*, dan *Krill Herd*. Walaupun terdapat berbagai jenis algoritma metaheuristik yang telah dikembangkan, tetapi setiap algoritma tersebut memiliki struktur yang sama dalam penerapannya.

I.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada masa pandemi ini, banyak orang yang melakukan pembelian barang atau pengantaran barang secara *online*. Peningkatan bisnis *online* ini tentunya membuat bisnis dari jasa kurir juga mengalami peningkatan juga. Menurut Dewi (2021), beberapa bisnis jasa kurir akan terus menambah jumlah kurir dan lokasi operasional karena adanya penambahan pesanan dari tahun ke tahun. Adanya penambahan pesanan ini tentunya diinisiasi oleh bertambahnya *customer* yang melakukan pengiriman barang secara *online*. Dengan terus bertambahnya *customer* ini, mengakibatkan perlunya penambahan depot dan kendaraan. Hal ini dikarenakan setiap bisnis jasa kurir tentunya ingin memberikan pelayanan yang terbaik kepada konsumen agar konsumen tetap memakai jasa kurir tersebut. Dengan adanya penambahan depot dan kendaraan, maka perusahaan perlu menentukan lokasi penambahan depot dan rute-rute yang akan dijalaninya oleh setiap kendaraan yang ada. Selain itu, penambahan depot dan ini tentunya mengakibatkan adanya penambahan biaya pula. Penambahan biaya tersebut meliputi biaya pembukaan depot maupun biaya tetap dan variabel dari kendaraan. Dengan kata lain, beberapa hal tersebut adalah hal yang perlu

dipertimbangkan apabila terdapat penambahan jumlah *customer* yang cukup signifikan sehingga kepuasan konsumen dapat tetap terjaga. Permasalahan ini disebut juga sebagai *Multi-Trip Location Routing Problem* atau MTLRP, di mana permasalahan tersebut telah dikembangkan oleh Juwono et al. (2021).

Penelitian MTLRP yang telah dilakukan berupa pengembangan formulasi matematis, di mana formulasi tersebut diuji ke beberapa kasus untuk mendapatkan solusi eksak. Pengembangan formulasi matematis tersebut dilakukan untuk permasalahan MTLRP dalam skala kecil. Sedangkan, permasalahan distribusi yang terjadi sekarang umumnya merupakan permasalahan distribusi yang cukup besar. Hal ini dikarenakan adanya penambahan jumlah *customer*, yang mengakibatkan adanya penambahan variabel pula dalam suatu perhitungan untuk mencapai keefisienan dan keefektifan suatu sistem. Penambahan beberapa variabel yang cukup banyak ini mengakibatkan permasalahan yang akan diselesaikan menjadi semakin kompleks. Permasalahan MTLRP yang kompleks ini seringkali membutuhkan waktu komputasi yang lama apabila menggunakan metode formulasi matematis (analitik). Oleh karena itu, untuk mengefisienkan perhitungan yang ada, penelitian ini akan mengembangkan metode metaheuristik.

Metode metaheuristik sendiri adalah suatu metode yang akan memberikan banyak alternatif solusi dalam suatu permasalahan. Metode metaheuristik biasa digunakan untuk memberikan solusi yang baik untuk permasalahan yang kompleks. Hal ini dikarenakan apabila penyelesaian masalah yang kompleks dilakukan dengan menggunakan metode analitik, maka akan memakan banyak waktu dalam kegiatan komputasinya. Menurut Iqbal, Zarlis, Tulus, dan Mawengkang (2020), terdapat beberapa algoritma metaheuristik yang telah dikembangkan selama 40 tahun terakhir ini yaitu *Tabu Search* (TS), *Simulated Annealing* (SA), *Genetic Algorithm* (GA), *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Differential Evolution*, *Harmony Search* (HS), *Flower Pollination Algorithm* (FPA), *Sine Cosine Algorithm*, *Bat Algorithm* (BA), *Cuckoo Search* (CS), *Firefly Algorithm*, dan beberapa algoritma metaheuristik biologi lainnya. Setiap metode metaheuristik yang ada memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, di mana hal ini bergantung dari jenis kasus yang akan diselesaikan. Oleh karena itu, jika performansi setiap algoritma metaheuristik dirata-ratakan untuk setiap kasusnya, maka hasilnya akan selalu memberikan performansi yang sama. Selain

itu, belum ada penelitian yang benar-benar mengatakan bahwa terdapat satu atau dua algoritma yang memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan algoritma lainnya.

Dari survei *Location Routing Problem* yang dilakukan oleh Prodhon dan Prins (2014), sudah banyak metode metaheuristik yang dikembangkan untuk menyelesaikan *capacitated LRP*. Dari hasil survey ini disimpulkan bahwa empat metaheuristik yang memberikan performansi terbaik untuk menyelesaikan permasalahan *capacitated LRP* adalah kombinasi GRAPS (*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*) + ILP (*Integer Linear Program*), MACO (*Multiple Ant Colony Optimization*), ALNS (*Adaptive Large-Neighborhood Search*) dan SA (*Simulated Annealing*). Penelitian ini akan mengembangkan algoritma metaheuristik *Simulated Annealing* untuk menyelesaikan permasalahan MTLRP agar dapat menyelesaikan permasalahan MTLRP yang lebih kompleks. Algoritma *Simulated Annealing* ini sendiri telah terbukti memiliki performansi atau hasil yang baik dalam menyelesaikan permasalahan VRP (*Vehicle Routing Problem*) (Alfa, Heragu, & Chen, 1991). Selain itu, menurut Yu, Lin, Lee, dan Ting (2010), *Simulated Annealing* telah terbukti berhasil menyelesaikan permasalahan CO (*Combinatorial Optimization*) yang kompleks. Kemudian, menurut Andriansyah, Novatama, dan Sentia (2014), algoritma SA dapat menghasilkan performansi solusi yang sama dengan metode analitik, di mana waktu komputasi penyelesaiannya lebih singkat dibandingkan dengan metode analitik.

Simulated Annealing adalah metode metaheuristik yang cukup tua dan algoritma pertama yang memiliki strategi eksplisit untuk menghindari perangkap lokal optimal (Blum & Roli, 2003). Menurut Triawan dan Faruq (2019), algoritma *Simulated Annealing* adalah suatu algoritma pengembangan dari algoritma *Hill Climbing* (HC). Menurut Noviardianto, Novel, dan Legowo (2019), nama *annealing* berasal dari keilmuan *metalurgy*, di mana proses yang akan dilakukan adalah mencari suatu kondisi suhu yang paling optimum guna mengurangi kerusakan, serta menambah ukuran kristal di suatu material. Mekanisme dari *Simulated Annealing* sendiri adalah melakukan pencarian untuk mendapatkan solusi yang lebih baik dan perlahan-lahan mengurangi peluang solusi yang lebih buruk dari kondisi saat ini (Yu, Redi, Hidayat, & Wibowo, 2017). Dengan kata lain, algoritma *Simulated Annealing* ini akan mencari solusi optimal dari keseluruhan ruang solusi yang ada untuk mendapatkan kesimpulan yang cukup baik. Untuk mendapatkan

ruang solusi yang cukup besar, maka diperlukan pengaturan terhadap beberapa parameter yang terdapat dalam SA. Sesuai dengan penjelasan yang ada, algoritma SA ini berbicara mengenai proses anil. Oleh karena itu, parameter yang perlu ditentukan terlebih dahulu sebelum melakukan pengembangan algoritma SA adalah temperatur awal, temperatur akhir, *cooling down factor*, dan jumlah iterasi.

Dalam melakukan penelitian ini, tentunya terdapat beberapa rumusan masalah yang harus diselesaikan. Rumusan masalah ini akan berguna untuk menjadi pedoman dalam melakukan penelitian. Berikut adalah rumusan masalah dari penelitian ini.

1. Bagaimana perancangan algoritma *Simulated Annealing* untuk menyelesaikan permasalahan *Multi-Trip Location Routing Problem*?
2. Bagaimana pengaruh nilai parameter terhadap hasil performansi algoritma *Simulated Annealing* untuk menyelesaikan permasalahan *Multi-Trip Location Routing Problem*?
3. Bagaimana perbandingan performansi algoritma *Simulated Annealing* dengan model analitik dalam menyelesaikan kasus permasalahan *Multi-Trip Location Routing Problem*?

I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Pada bagian ini akan dijabarkan mengenai batasan dan asumsi yang ada pada penelitian ini. Batasan yang ada akan membatasi setiap ruang lingkup dari permasalahan yang ada sehingga penelitian menjadi lebih terfokus. Berikut adalah batasan dari penelitian ini.

1. Penelitian yang dilakukan akan menggunakan data hipotetik yang sama dengan penelitian sebelumnya.
2. Waktu tempuh antar node akan selalu sama, baik di pagi, siang, maupun malam hari.

Kemudian, akan dijabarkan mengenai asumsi. Asumsi sendiri merupakan segala sesuatu yang dianggap benar dalam penelitian ini. Berikut ini merupakan asumsi dari penelitian ini.

1. Penelitian ini belum pernah dilakukan sebelumnya.
2. Barang yang dikirimkan dari depot ke konsumen memiliki volume dan bentuk yang sama.
3. Permintaan konsumen akan selalu sama setiap harinya.

4. Jarak dari depot ke konsumen atau konsumen ke konsumen tidak diperhitungkan atau diabaikan.

I.4 Tujuan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini tentunya terdapat tujuan yang perlu diselesaikan. Tujuan ini akan menjadi acuan dalam melakukan penelitian ini, di mana akan berkaitan pula dengan identifikasi dan rumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya. Berikut adalah tujuan penelitian dari penelitian ini.

1. Merancang algoritma *Simulated Annealing* untuk menyelesaikan permasalahan *Multi-Trip Location Routing Problem*.
2. Mengetahui pengaruh nilai parameter terhadap hasil performansi algoritma *Simulated Annealing* untuk menyelesaikan permasalahan *Multi-Trip Location Routing Problem*.
3. Membandingkan performansi algoritma *Simulated Annealing* dengan model analitik dalam menyelesaikan kasus permasalahan *Multi-Trip Location Routing Problem*.

I.5 Manfaat Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini tentunya terdapat beberapa manfaat yang dapat diambil. Manfaat ini dapat berguna bagi peneliti dan pembaca itu sendiri. Berikut adalah manfaat dari penelitian yang dilakukan.

1. Mengetahui performansi algoritma *Simulated Annealing* dalam menyelesaikan permasalahan *Multi-Trip Location Routing Problem*.
2. Penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk pembaca apabila ingin melakukan penelitian yang berkaitan dengan penerapan algoritma *Simulated Annealing* untuk menyelesaikan permasalahan *Multi-Trip Location Routing Problem*.

I.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah suatu kegiatan yang akan dilakukan dalam suatu penelitian, di mana langkah-langkah tersebut akan dilakukan secara terstruktur dan sistematis. Metodologi penelitian ini akan menjadi acuan dalam melakukan setiap kegiatan yang ada dalam penelitian penerapan

algoritma *Simulated Annealing* untuk menyelesaikan permasalahan MTLRP ini. Berikut adalah metodologi penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini.

1. Penentuan Topik

Hal pertama yang akan dilakukan adalah melakukan penentuan topik. Penentuan topik ini dilakukan untuk mengetahui bidang studi yang ingin dibahas sebelum melakukan studi literatur. Hal ini bertujuan agar studi literatur yang dicari dan digunakan dapat lebih terarah dan terfokus. Pada penelitian ini, topik yang akan dibahas adalah *supply chain*, di mana berkaitan dengan penentuan rute dalam proses pendistribusian barang.

2. Studi Literatur

Langkah kedua yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah studi literatur. Studi literatur yang dilakukan adalah mengenai LRP, MTLRP, dan metode metaheuristik, khususnya SA. Studi literatur yang dilakukan tidak hanya mengenai pengertian saja, tetapi juga jenis dan contoh-contoh dari beberapa poin tersebut.

3. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Langkah ketiga yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah identifikasi dan perumusan masalah. Perumusan masalah yang ada akan berkesesuaian dengan studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya dan menjadi dasar terhadap penelitian ini. Perumusan masalah ini akan berkaitan pula dengan tujuan dan kesimpulan yang akan didapatkan.

4. Penentuan Batasan Masalah, Tujuan, dan Manfaat Penelitian

Langkah keempat yang akan dilakukan adalah menentukan batasan masalah, tujuan, dan manfaat dari penelitian yang akan dilakukan. Batasan masalah perlu ditentukan dengan jelas agar tujuan penelitian dapat berjalan dengan baik karena adanya ruang lingkup yang lebih terfokus. Sedangkan, tujuan penelitian perlu dengan baik terdefiniskan agar penelitian ini memiliki patokan atau target yang jelas. Lalu, manfaat dari penelitian juga perlu ditentukan agar penelitian ini memiliki nilai tambah bagi lingkungan.

5. Perancangan Algoritma *Simulated Annealing* untuk Menyelesaikan MTLRP

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan algoritma *Simulated Annealing* untuk menyelesaikan permasalahan MTLRP. Dalam mengembangkan algoritma SA ini diperlukan beberapa kreativitas dalam melakukan *encoding* dan

decoding yang ada. Kedua proses ini tentunya akan disesuaikan dengan kasus yang akan diselesaikan.

6. Verifikasi dan Validasi Algoritma

Pada tahap ini akan dilakukan verifikasi dan validasi dari algoritma yang telah dibuat sebelumnya. Verifikasi algoritma akan dilakukan dengan melakukan *running* algoritma secara manual dengan menggunakan data hipotetik yang telah dibuat. Sedangkan, validasi algoritma akan dilakukan dengan mengecek apakah algoritma SA sudah sesuai atau belum dan apakah *output* yang dihasilkan telah sesuai atau belum.

7. Implementasi Algoritma

Algoritma yang telah dikembangkan akan diimplementasikan ke dalam beberapa data hipotetik yang ada. Pengimplementasian ini akan menggunakan bantuan dari program, di mana program yang dirancang akan disesuaikan dengan algoritma atau *flowchart* yang telah dibuat sebelumnya. Program ini sendiri bertujuan agar proses pengerjaan dapat lebih otomatis dan efisien. Program akan dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Python.

Namun, sebelum melakukan pengimplementasian algoritma ke dalam kasus, akan dilakukan verifikasi dan validasi program. Verifikasi program akan menunjukkan beberapa subbagian model konseptual yang harus terdefiniskan dengan baik. Sedangkan, validasi program akan menunjukkan *output* yang akan ditunjukkan apabila terdapat beberapa batasan yang terlanggar sehingga memberikan hasil yang valid.

8. Pengujian Parameter Algoritma *Simulated Annealing*

Hasil algoritma yang telah terverifikasi dan tervalidasi akan diimplementasikan ke beberapa kasus, di mana dalam setiap kasus terdapat beberapa parameter berbeda yang akan diuji. Parameter yang akan diuji akan ditentukan terlebih dahulu sebelum diimplementasikan ke beberapa kasus hipotetik yang ada. Setelah melakukan pengujian algoritma ke beberapa kasus hipotetik, akan dilakukan ANOVA untuk menguji parameter yang digunakan.

9. Perbandingan *Output* Algoritma SA dengan Analitik

Sesuai dengan tujuan yang telah dipaparkan sebelumnya, akan dilakukan perbandingan performansi *output* yang ada. Perbandingan ini akan melihat dari segi waktu yang dihabiskan untuk mendapatkan *output* yang sesuai dan hasil yang

paling minimum. Perbandingan ini tentunya akan menggunakan kasus yang sama sehingga variabel yang digunakan juga sama.

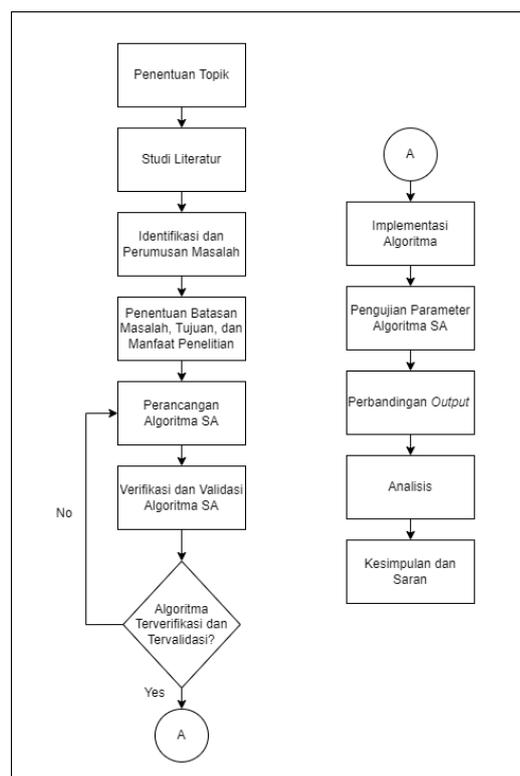
10. Analisis

Setelah melakukan pengujian algoritma yang ada, akan dilakukan implementasi hasil algoritma yang ada dan menganalisisnya. Berdasarkan implementasi yang ada, akan dilakukan analisis dan pembahasan. Analisis dan pembahasan akan dilakukan untuk proses *encoding* dan *decoding* yang dilakukan, parameter yang digunakan, serta *output* yang dihasilkan.

11. Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir yang akan dilakukan adalah pengambilan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang ada. Kesimpulan yang ada akan berkaitan dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Sedangkan, saran akan diberikan agar penelitian serupa selanjutnya dapat meminimalisir kesalahan yang dilakukan pada penelitian ini.

Berikut ini merupakan gambar *flowchart* dari metodologi penulisan yang telah dibuat sebelumnya. *Flowchart* ini berguna untuk memudahkan pembacaan yang ada. Gambar I.1 merupakan *flowchart* dari metodologi penulisan yang ada.



Gambar I.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

I.7 Sistematika Penulisan

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai sistematika penulisan dari penelitian ini. Sistematika penulisan ini akan berisi urutan atau beberapa bab yang akan dijabarkan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini akan berisi 5 bab. Berikut adalah penjelasan singkat mengenai bab-bab tersebut.

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab pendahuluan ini akan berisi beberapa dasar dari penelitian ini. Dasar-dasar tersebut adalah latar belakang, identifikasi dan perumusan masalah, batasan dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan. Setiap dasar ini harus memiliki suatu kejelasan yang baik agar dapat menopang kelanjutan dari penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka ini akan berisi beberapa dasar teori dari setiap kata kunci yang ada pada penelitian ini. Kata kunci tersebut adalah mengenai permasalahan LRP, MTLRP, metode metaheuristik, SA, *city logistics*. Setiap penjelasan yang ada pada bab ini akan berisi mengenai penjelasan, jenis, dan contoh dari setiap kata kunci yang ada. Untuk mengisi setiap penjelasan tersebut tentunya diperlukan beberapa studi literatur yang ada. Studi literatur ini sendiri dapat didapatkan dari *electronic journals*, *full-text databases*, *bibliographic databases*, dan *abstract databases*.

BAB III PERANCANGAN ALGORITMA

Pada bab ini akan dilakukan perancangan algoritma SA. Perancangan algoritma ini akan dilakukan dengan membuat proses *encoding* dan *decoding* yang sesuai dengan permasalahan yang ada. Selain itu, akan dilakukan perancangan model konseptual dari algoritma yang ada dengan menggunakan *flowchart*. Oleh karena itu, permasalahan yang ada dalam penelitian ini akan lebih dispesifikan kembali sehingga permasalahan yang ada dapat dengan jelas ditelusuri dan proses perancangan algoritma dapat dilakukan dengan baik. Lalu, pada bab ini pula akan dilakukan percobaan pula pada perancangan algoritma yang ada. Percobaan ini akan dilakukan pada data hipotetik.

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai implementasi perancangan algoritma yang telah dilakukan sebelumnya. Implementasi algoritma ini akan dilakukan untuk beberapa kasus hipotetik dengan menggunakan sejumlah parameter yang berbeda-beda. Namun, sebelum melakukan implementasi algoritma ini ke beberapa kasus hipotetik, akan dilakukan verifikasi dan validasi program yang telah dibuat berdasarkan algoritma yang ada. Hal ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan hasil yang valid untuk kasus yang berbeda-beda. Setelah melakukan verifikasi dan validasi program, akan dianalisis parameter yang akan diuji, kasus yang akan digunakan, dan jumlah replikasi yang akan dilakukan. Lalu, akan dilakukan pengujian terhadap keterkaitan antar parameter yang akan digunakan. Selain itu, sesuai dengan tujuan penelitian ini, pada bab ini pula akan dilakukan perbandingan performansi *output* yang akan dihasilkan dari hasil analitik dan algoritma SA.

BAB V ANALISIS

Pada bab ini akan berisi analisis dari keseluruhan pengolahan data yang dilakukan, mulai dari perancangan algoritma sampai implementasi algoritma. Beberapa hal yang akan dianalisis adalah sesuatu yang menjadi pertimbangan dan pemikiran dari penulis. Analisis yang akan dibahas adalah hasil *encoding* dan *decoding*, parameter yang diuji dalam beberapa kasus yang akan digunakan, dan perbandingan performansi hasil analitik dengan algoritma SA.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan berisi kesimpulan dan saran yang didapatkan dari penelitian ini. Kesimpulan yang ada akan menjawab setiap perumusan masalah yang telah dijabarkan pada Bab I. Sedangkan, saran akan berisi beberapa kesalahan yang terjadi pada penelitian ini sehingga apabila pembaca ingin melakukan penelitian yang serupa, maka dapat meminimalisir kesalahan yang ada.