

**PENERAPAN *HARMONY SEARCH ALGORITHM*  
UNTUK MENYELESAIKAN KASUS *ASYMMETRIC*  
*TRAVELING SALESMAN PROBLEM***

**SKRIPSI**

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

Disusun oleh:

**Nama : Petrus Kevin**

**NPM : 2013610195**



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



**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG**



Nama : Petrus Kevin  
NPM : 2013610195  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : PENERAPAN *HARMONY SEARCH ALGORITHM* UNTUK  
MENYELESAIKAN KASUS *ASYMMETRIC TRAVELING  
SALESMAN PROBLEM*

**TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI**

Bandung, Januari 2017

**Ketua Program Studi Teknik Industri**

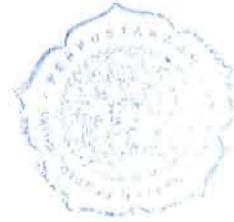
(Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.)

**Pembimbing Pertama**

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

**Pembimbing Kedua**

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



## **Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat**

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Petrus Kevin

NPM : 2013610195

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan judul :

**" PENERAPAN *HARMONY SEARCH ALGORITHM* UNTUK MENYELESAIKAN  
KASUS *ASYMMETRIC TRAVELING SALESMAN 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, 18 Januari 2017

Petrus Kevin

NPM : 2013610195

## ABSTRAK

*Asymmetric Traveling Salesman Problem* (ATSP) merupakan masalah pencarian rute terpendek oleh seorang *salesman* untuk mengunjungi seluruh kota yang perlu ia kunjungi. Pada ATSP, seorang *salesman* hanya boleh mengunjungi masing-masing kota yang ada satu kali dan setelah mengunjungi kota terakhir, ia akan kembali ke kota pertama. Persoalan ATSP ini merupakan variasi dari persoalan *Traveling Salesman Problem*. Perbedaan ATSP adalah matriks jarak antarkota yang tidak simetris (asimetrik). Asimetrik berarti jarak dari kota A menuju kota B berbeda dengan jarak dari kota B menuju kota A.

Dalam penelitian ini, persoalan ATSP coba diselesaikan menggunakan *Harmony Search Algorithm* (HSA). HSA merupakan algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari musik. HSA terinspirasi dari kebiasaan para pemusik dalam mencari kombinasi nada-nada yang dapat menghasilkan suatu harmoni yang baik. Cara pemusik untuk mencari kombinasi nada tersebut dengan melakukan improvisasi yang terdiri dari 3 cara, yaitu memilih nada yang diingatnya, memilih nada acak, dan melakukan *adjustment*. Dengan ketiga cara ini, akan didapatkan sebuah kombinasi nada yang menghasilkan harmoni. Terdapat 3 buah parameter pada HSA, yaitu HMS yang menunjukkan kapasitas memori, HMCR yang merupakan peluang memilih memori yang diingatnya, dan PAR yang merupakan peluang melakukan *pitch adjustment*.

Dalam penelitian ini, HSA telah dirancang dan diimplementasikan pada 5 buah kasus *benchmark* ATSP dengan menggunakan 12 kombinasi parameter yang berbeda-beda. Perbandingan HSA yang dilakukan dengan *new genetic algorithm* (NGA) dan *improved discrete bat algorithm* (IDBA) untuk kasus dengan jumlah kota 17 menunjukkan hasil yang sama baiknya, yaitu mencapai titik optimal. Untuk kasus yang memiliki jumlah kota lebih banyak, algoritma pembanding menghasilkan solusi yang lebih baik dari HSA. Semua parameter diuji pengaruhnya dan interaksinya dengan menggunakan ANOVA *multifactor*. Hasil dari pengujian pengaruh parameter tersebut menunjukkan adanya pengaruh dari parameter pada kasus dengan jumlah kota sedikit dan interaksi parameter pada kasus dengan jumlah kota yang lebih banyak.

## **ABSTRACT**

*Asymmetric Traveling Salesman Problem (ATSP) is a problem of finding the shortest route by a salesman to visit all the cities that need to be visited. In ATSP, a salesman may only visit each city once and after visiting the last city, he will return to the first city. ATSP is a variation of the Traveling Salesman Problem (TSP). The differences between ATSP and TSP is ATSP's distance matrix is not symmetric (asymmetric). Asymmetric means that the distance between city A to city B is different from the distance between city B to city A.*

*In this case, ATSP is tried to be solved using Harmony Search Algorithm (HSA). HSA is a music-inspired metaheuristic algorithm. HSA is inspired from the habits of musicians in the search for a combination of pitch that can produce a good harmony. How musician to find the pitch combination with improvisation consisting of three ways, playing pitch that he/she remembered in his/her memory, choosing a random pitch, and perform pitch adjustment. A combination of pitch that produce harmony is chosen with these styles. There are 3 parameters in HSA, HMS showing the memory capacity, HMCR shows the probability select a pitch from harmony memory, and PAR shows the probability do the pitch adjustment.*

*In this study, HSA has been designed and implemented in 5 ATSP benchmark case using 12 different combinations of parameters. HSA will be compared with the new genetic algorithm (NGA) and improved discrete bat algorithm (IDBA). For the case with 17 cities, HSA performed as good as 2 compared algorithms and reached the optimal result. For cases which have more cities, the two compared algorithm produces better solutions than HSA. All parameters are tested in order to find influence effect and interaction using multifactor ANOVA. The results of testing the effect of these parameters indicate the influencing parameter is present on the case with fewer city and the interaction parameter on case with more cities.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Penerapan *Harmony Search Algorithm* untuk Menyelesaikan Kasus *Asymmetric Traveling Salesman Problem*. Terima kasih juga kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis secara langsung maupun tidak langsung, secara khusus kepada :

1. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu mendoakan, mendukung, dan memberikan motivasi kepada penulis.
2. Ibu Cynthia P. Juwono, Ir., M.S. dan Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan dengan sabar membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Romy Loice, S.T., M.T. sebagai dosen penguji proposal skripsi yang telah memberikan masukan dan saran yang berarti bagi penulisan skripsi ini.
4. Bapak Alfian, S.T., M.T. sebagai dosen penguji proposal dan sidang skripsi yang telah memberikan masukan dan saran yang berarti bagi penulisan skripsi ini.
5. Bapak Marihot Nainggolan, S.T., M.T., M.S. sebagai dosen penguji sidang skripsi yang telah memberikan masukan dan saran yang berarti bagi penulisan skripsi ini.
6. Mishela yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis.
7. Kevin Ray, Calvianto, Brandon, dan Regian yang selalu menemani dan membantu penulis dalam menjalani hari-hari di TI UNPAR.
8. Arvin, Widiani, Billy, dan Calvianto dari Gravity Consultant yang memberikan dukungan kepada penulis, sehingga penyelesaian skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
9. Teman-teman algoritma, Agnes, Arnold, Anus, Deva, dan Ricky yang memberikan dukungan dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
10. Hendra dan Arnold yang selalu membantu penulis dalam menjalani masa-masa kuliah di Bandung selama ini.

11. Para Pria Sejati kelas D.
12. Seluruh teman-teman kelas D.
13. Seluruh teman-teman TI 2013.
14. Semua dosen TI UNPAR.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam laporan skripsi ini terdapat kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran yang membangun. Penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan kata-kata yang kurang berkenan bagi para pembaca. Terima kasih untuk perhatiannya.

Bandung, 17 Januari 2017

Petrus Kevin

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah .....	I-1
I.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	I-2
I.3 Batasan 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
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	II-1
II.1 <i>Traveling Salesman Problem</i> .....	II-1
II.2 <i>Asymmetric Travelling Salesman Problem</i> .....	II-1
II.3 <i>Harmony Search Algorithm</i> .....	II-3
II.4 <i>Random Keys Representation</i> .....	II-8
II.5 Perancangan Eksperimen .....	II-9
<b>BAB III PERANCANGAN ALGORITMA UNTUK ATSP</b> .....	III-1
III.1 <i>Encoding dan Decoding</i> .....	III-1
III.2 Improvisasi HSA .....	III-5
III.3 Perancangan Algoritma.....	III-9
III.3.1 Notasi Algoritma .....	III-9
III.3.2 Algoritma Utama HSA.....	III-10
III.3.3 Algoritma Penentuan Solusi Awal .....	III-12
III.3.4 Algoritma Perhitungan Nilai Estetika.....	III-16
III.3.5 Algoritma Pengurutan Nilai Estetika.....	III-18

III.3.6	Algoritma Improvisasi .....	III-21
III.3.7	Algoritma Pengacakan/ <i>Randomize</i> .....	III-25
III.3.8	Algoritma <i>Memory</i> .....	III-27
III.3.9	Algoritma <i>Adjustment</i> .....	III-30
III.4	Verifikasi dan Validasi Algoritma .....	III-34
<b>BAB IV</b>	<b>IMPLEMENTASI ALGORITMA</b> .....	IV-1
IV.1	Verifikasi dan Validasi Program Komputer .....	IV-1
IV.2	Implementasi <i>Harmony Search Algorithm</i> (HSA).....	IV-4
IV.2.1	Penentuan Parameter <i>Harmony Search Algorithm</i> (HSA).....	IV-5
IV.2.2	Penerapan HSA pada Kasus BR17 .....	IV-10
IV.2.3	Penerapan HSA pada Kasus FTV33.....	IV-10
IV.2.4	Penerapan HSA pada Kasus FTV44.....	IV-11
IV.2.5	Penerapan HSA pada Kasus FTV55.....	IV-12
IV.2.6	Penerapan HSA pada Kasus FTV70.....	IV-13
IV.3	Pengujian Parameter <i>Harmony Search Algorithm</i> .....	IV-14
IV.4	<i>Main Effect Plot</i> (MEP).....	IV-16
IV.5	<i>Interaction Plot</i> (IP) .....	IV-16
IV.6	Perbandingan <i>Harmony Search Algorithm</i> dengan <i>New Genetic Algorithm dan Improved Discrete Bat Algorithm</i> .....	IV-18
<b>BAB V</b>	<b>ANALISIS</b> .....	V-1
V.1	Analisis Perancangan Algoritma.....	V-1
V.1.1	Analisis <i>Encoding</i> dan <i>Decoding</i> .....	V-1
V.1.2	Analisis Proses Pencarian Solusi.....	V-3
V.2	Analisis Parameter HSA.....	V-6
V.2.1	Analisis Parameter <i>Harmony Memory Size</i> (HMS).....	V-7
V.2.2	Analisis Parameter <i>Harmony Memory Considering Rate</i> (HMCR).....	V-8
V.2.3	Analisis Parameter <i>Pitch Adjustment Rate</i> (PAR) .....	V-9
V.2.4	Analisis Interaksi Pengaruh Parameter .....	V-10
V.3	Kelebihan dan Kekurangan Algoritma HSA.....	V-12
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	VI-1
V.1	Kesimpulan .....	VI-1
V.2	Saran .....	VI-2

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Perhitungan ANOVA.....	II-11
Tabel III.1	Contoh Hasil Pengacakan Bilangan untuk 5 Kota.....	III-1
Tabel III.2	Jarak Antarkota Pada Persoalan <i>Asymmetric Travelling Salesman Problem</i> .....	III-2
Tabel III.3	Contoh Hasil Pengacakan Bilangan untuk 4 Nada .....	III-3
Tabel III.4	Hasil Pengurutan Bilangan Acak .....	III-3
Tabel III.5	Hasil Perhitungan Rute Perjalanan .....	III-4
Tabel III.6	Notasi Algoritma.....	III-9
Tabel III.7	Data Kasus ATSP .....	III-31
Tabel III.8	Hasil Bilangan Random Awal Setiap Kota untuk Memori 1 .....	III-32
Tabel III.9	Hasil Pengurutan Bilangan Random Memori 1 .....	III-34
Tabel III.10	Memori Awal 1 .....	III-35
Tabel III.11	Hasil Bilangan Random Awal Setiap Kota untuk Memori 2 .....	III-36
Tabel III.12	Hasil Pengurutan Bilangan Random Memori 2 .....	III-37
Tabel III.13	Memori Awal 2.....	III-38
Tabel III.14	Hasil Bilangan Random Awal Setiap Kota untuk Memori 3.....	III-39
Tabel III.15	Hasil Pengurutan Bilangan Random Memori 3 .....	III-41
Tabel III.16	Memori Awal 3 .....	III-42
Tabel III.17	Hasil Perhitungan Nilai Estetika Solusi Awal 1 .....	III-43
Tabel III.18	Hasil Perhitungan Nilai Estetika Solusi Awal 2 .....	III-44
Tabel III.19	Hasil Perhitungan Nilai Estetika Solusi Awal 3 .....	III-45
Tabel III.20	Hasil Pengurutan Nilai Estetika .....	III-47
Tabel III.21	Matriks pilihan[pilih] 1 .....	III-48
Tabel III.22	Matriks pilihan[pilih] Hasil <i>Update</i> 1 .....	III-49
Tabel III.23	Matriks pilihan[pilih] Hasil <i>Update</i> 2.....	III-50
Tabel III.24	Matriks pilihan[pilih] Hasil <i>Update</i> 3.....	III-52
Tabel III.25	Urutan Solusi Iterasi 1 .....	III-52
Tabel III.26	Hasil <i>Update</i> Memori Iterasi 1 .....	III-54
Tabel III.27	Matriks pilihan[pilih] 2 .....	III-60
Tabel III.28	Hasil <i>Update</i> Memori Iterasi 2 .....	III-61
Tabel IV.1	Data Kasus ATSP .....	IV-2

Tabel IV.2	Rekapitulasi Kasus ATSP.....	IV-5
Tabel IV.3	Rekapitulasi Kombinasi Parameter.....	IV-9
Tabel IV.4	Rekapitulasi Solusi Kasus BR17 .....	IV-10
Tabel IV.5	Rekapitulasi Solusi Kasus FTV33.....	IV-11
Tabel IV.6	Rekapitulasi Solusi Kasus FTV44.....	IV-12
Tabel IV.7	Rekapitulasi Solusi Kasus FTV55.....	IV-12
Tabel IV.8	Rekapitulasi Solusi Kasus FTV70.....	IV-13
Tabel IV.9	Rekapitulasi Pengujian ANOVA.....	IV-15
Tabel IV.10	Rekapitulasi Parameter Terbaik .....	IV-19
Tabel IV.11	Perbandingan Hasil Solusi Terbaik Kasus ATSP.....	IV-20

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	I-7
Gambar II.1	Ilustrasi HSA dalam Mencari Harmoni Terbaik.....	II-4
Gambar II.2	Prosedur <i>Harmony Search Algorithm</i> .....	II-7
Gambar II.3	<i>Flowchart Harmony Search Algorithm</i> Variabel Diskrit .....	II-8
Gambar II.4	<i>Random Key Representation</i> .....	II-9
Gambar III.1	Hasil <i>Random Key Representation</i> .....	III-2
Gambar III.2	Hasil <i>Encoding</i> .....	III-3
Gambar III.3	Ilustrasi Pemilihan Nada .....	III-5
Gambar III.4	Memori Awal .....	III-6
Gambar III.5	Urutan Nada Baru 1 .....	III-7
Gambar III.6	Urutan Nada Baru 2 .....	III-7
Gambar III.7	Urutan Nada Baru 3 .....	III-8
Gambar III.8	Urutan Nada Baru 4 .....	III-8
Gambar III.9	Algoritma Utama HSA untuk ATSP .....	III-11
Gambar III.10	Algoritma Penentuan Solusi Awal .....	III-13
Gambar III.11	Algoritma Perhitungan Nilai Estetika .....	III-17
Gambar III.12	Algoritma Pengurutan Nilai Estetika .....	III-19
Gambar III.13	Algoritma Improvisasi.....	III-22
Gambar III.14	Algoritma Pengacakan .....	III-26
Gambar III.15	Algoritma <i>Memory</i> .....	III-28
Gambar III.16	Algoritma <i>Adjustment</i> .....	III-31
Gambar IV.1	Input Program HSA.....	IV-3
Gambar IV.2	Hasil <i>Running</i> 5 Replikasi .....	IV-4
Gambar IV.3	Plot Iterasi BR17 .....	IV-6
Gambar IV.4	Plot Iterasi FTV33 .....	IV-6
Gambar IV.5	Plot Iterasi FTV44 .....	IV-7
Gambar IV.6	Plot Iterasi FTV55 .....	IV-7
Gambar IV.7	Plot Iterasi FTV70 .....	IV-8
Gambar IV.8	<i>Main Effect Plot</i> Kasus BR17 .....	IV-17
Gambar IV.9	<i>Interaction Plot</i> Kasus FTV44.....	IV-17

Gambar IV.10 <i>Interaction Plot</i> Kasus FTV55.....	IV-18
Gambar IV.11 <i>Interaction Plot</i> Kasus FTV70.....	IV-18

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Kasus *Benchmark* ATSP

LAMPIRAN B Hasil ANOVA

# BAB I

## PENDAHULUAN

Bagian pertama ini berisi tentang pendahuluan mengenai penelitian penerapan *Harmony Search Algorithm* (HSA) dalam menyelesaikan persoalan *Asymmetric Traveling Salesman Problem* (ATSP). Bab ini terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu bagian mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan bagian mengenai metodologi penelitian yang dilakukan.

### I.1 Latar Belakang Masalah

Dunia industri tidak pernah terlepas dari permasalahan transportasi. Pada umumnya, yang menjadi perhatian dalam masalah transportasi adalah untuk meminimasi biaya transportasi yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan. Misalnya saja, jika ada sebuah truk kargo yang hendak melakukan pengiriman barang ke beberapa kota dalam sekali pengiriman. Dalam hal ini perusahaan perlu mempertimbangkan rute yang optimum untuk meminimasi biaya pengiriman. Dalam hal ini biaya yang dimaksud dapat dianalogikan sebagai jarak transportasi yang harus ditempuh oleh truk tersebut. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan pemilihan rute yang dapat dilalui oleh truk tersebut untuk mengantarkan barang ke semua kota seefektif dan seefisien mungkin.

Permasalahan seperti yang dijelaskan di atas merupakan persoalan *Traveling Salesman Problem* (TSP). Persoalan TSP ini merupakan suatu permasalahan optimasi dimana dianalogikan terdapat seorang *salesman* yang ingin berjalan dari suatu kota ke kota lainnya (sebanyak  $n$  kota). *Salesman* tersebut diharapkan dapat pergi melewati seluruh kota dengan melewati rute terpendek agar dapat menghemat biaya transportasi. Persoalan TSP dikembangkan oleh Lawler, Lenstra, Kan, dan Shmoys pada tahun 1985 (Lawler, Lenstra, Kan, & Shmoys, 1985). Persoalan TSP secara umum terbagi menjadi dua subproblem, yaitu *symmetric* TSP atau disingkat STSP (persoalan TSP pada umumnya) dan *asymmetric* TSP atau disingkat ATSP (Gutin & Punnen, 2002). Jika jarak kota  $i$  ke kota  $j$  sama dengan jarak kota  $j$  ke kota  $i$ , maka persoalan

tersebut dikategorikan sebagai persoalan *symmetric* TSP. Apabila jarak kota  $i$  ke kota  $j$  tidak sama dengan jarak kota  $j$  ke kota  $i$ , maka persoalan tersebut tergolong sebagai persoalan *asymmetric* TSP.

Permasalahan transportasi yang terjadi pada kondisi nyata menyebabkan persoalan TSP pada umumnya menjadi lebih kompleks. Pemilihan rute dengan menganalogikan kondisi jalan menggunakan STSP kurang mewakili kondisi nyata di jalan pada umumnya. Pada kondisi nyata, jarak antara kota  $i$  ke kota  $j$  dan jarak dari kota  $j$  ke kota  $i$  tidak selalu sama atau simetris. Ketidaksimetrisan jarak antar kota tersebut dapat terjadi karena adanya penutupan jalan dan ruas jalan satu arah. Oleh karena itu, persoalan ATSP dapat digunakan untuk memetakan kondisi jalan dengan lebih nyata dibandingkan persoalan TSP pada umumnya (STSP). Persoalan ATSP diharapkan dapat menutupi kekurangan TSP pada umumnya yang mengasumsikan jarak antar kota simetris.

*Asymmetric Travelling Salesman Problem* merupakan persoalan NP-Hard (*Non-deterministic Polynomial-time Hard*) problem yang menyebabkan penyelesaian dengan metode analitik kurang cocok digunakan. (Ascheuer, Grotschel, & Abdel-Hamid, 1999). Hal ini disebabkan karena penyelesaian dengan metode analitik memakan waktu yang lebih lama. Ditambah lagi jumlah kota yang semakin banyak akan menyebabkan perhitungan semakin lama. Oleh karena itu, pendekatan heuristik atau metaheuristik banyak dikembangkan untuk menyelesaikan kasus ATSP yang tergolong ke dalam persoalan *NP-Hard* tersebut.

## **I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah**

Pencarian solusi optimal merupakan suatu penyelesaian dari masalah ATSP. Dalam mencari solusi optimal terdapat dua jenis metode yang dapat digunakan, yaitu metode analitik dan metode heuristik/metaheuristik. Metode analitik dapat menemukan solusi yang optimal. Contoh metode analitik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan kasus ATSP adalah metode *dynamic programming* dan *branch and bound* (Gutin & Punnen, 2002). Walaupun dapat menemukan solusi yang optimal, ATSP merupakan permasalahan yang tergolong ke dalam *NP-Hard*, sehingga menyebabkan metode analitik membutuhkan waktu penyelesaian yang lama. Selain metode analitik, ada jenis

metode lain yang dapat digunakan, yaitu metode heuristik atau metaheuristik (metode *approximate*). Gutin dan Punnen (2002) pernah menerapkan metode heuristik untuk menyelesaikan kasus ATSP. Metode heuristik yang diterapkan antara lain adalah *Nearest Neighbor Algorithm* dan *Greedy Algorithm* yang menghasilkan solusi yang kurang baik.

Metode heuristik dan metode metaheuristik tidak menjamin mendapatkan solusi optimal, tetapi dapat menghasilkan solusi yang baik. Menurut Kunche dan Reddy (2016) dalam bukunya, perbedaan yang mendasar dari metode heuristik dan metaheuristik adalah pada proses pencarian solusi. Metode heuristik merupakan metode yang menggunakan prinsip *trial and error* dalam mencari solusi yang layak pada suatu kasus. Oleh karena itu, jika semakin kompleks permasalahan yang diangkat (misal semakin banyak jumlah kota), maka semakin mustahil dalam mencari setiap kombinasi solusi, walaupun solusi yang dihasilkan memang tidak menjamin solusi yang optimal. Metode metaheuristik mencari kombinasi solusi dengan proses iteratif yang dapat mengeksplorasi dan mengeksploitasi ruang solusi dengan prosedur/strategi tertentu, sehingga diharapkan dapat lebih efisien dalam menemukan solusi yang baik.

Penggunaan metode metaheuristik diharapkan mendapatkan hasil optimal atau mendekati optimal (*near optimum*) dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode analitik (Geem, Kim, & Loganathan, 2001). Sejak tahun 1970, para ilmuwan banyak mengembangkan metode metaheuristik tersebut untuk dapat menyelesaikan berbagai kasus dengan lebih cepat dengan hasil yang baik.

Metode metaheuristik yang pernah digunakan untuk menyelesaikan kasus ATSP adalah *A New Genetic Algorithm* (Nagata & Soler, 2012) dan *Improved Discrete Bat Algorithm* (Osaba, Yang, Diaz, Garcia, & Carballedo, 2016). Hasil dari kedua algoritma metaheuristik di atas menghasilkan solusi yang baik. Dalam penyelesaian kasus ATSP tidak terbatas pada metode-metode tersebut, sehingga metode metaheuristik lain dapat dicoba untuk menyelesaikan kasus ATSP dengan hasil yang diharapkan lebih baik dari metode yang pernah digunakan sebelumnya.

Harmony Search Algorithm (HSA) diperkenalkan oleh Zong Woo Geem, Joong Hoon Kim, dan G. V. Loganathan pada tahun 2001. HSA merupakan

sebuah algoritma metaheuristik yang dikembangkan dengan meniru kebiasaan musisi/pemusik dalam mencari harmoni musik terbaik. Harmoni musik digambarkan sebagai vektor harmoni hasil dari kombinasi nada-nada yang dimainkan oleh para musisi. Dalam penerapan HSA, ada suatu nilai yang hendak dicari, yaitu nilai *global optimum*. Pada *Harmony Search Algorithm*, nilai *global optimum* tersebut dianalogikan sebagai harmoni terbaik yang ingin dicapai/dihasilkan. Penilaian mengenai kualitas dari harmoni tersebut dilakukan berdasarkan standar estetika (fungsi objektif). Nilai dari variabel-variabel keputusan dianalogikan sebagai nada-nada yang dihasilkan oleh musisi. Untuk mencapai harmoni yang terbaik, para musisi memerlukan latihan, dalam konteks ini, jumlah latihan mewakili jumlah iterasi untuk mendapatkan solusi *global optimum* dari kombinasi variabel keputusan (Geemet. *al.*, 2001).

Dalam jurnalnya, Lee dan Geem(2005) menjelaskan hal yang biasa dilakukan oleh musisi ketika memilih nada adalah dengan memainkan sebuah nada dari ingatannya, memainkan sebuah nada yang bersebelahan dengan nada diingatannya, atau memainkan sebuah nada yang benar-benar acak. Dalam perancangan HSA, digunakan prinsip yang sama dengan hal-hal di atas untuk mengganti/memilih suatu nilai. Kebiasaan-kebiasaan pemusik tersebut antara lain memilih suatu nilai variabel dari *Harmony Memory* atau yang disebut juga *memory consideration*, memilih nilai yang bersebelahan dari nilai pada *Harmony Memory* yang disebut juga sebagai *pitch adjustment*, atau memilih nilai yang acak (*randomization*). Peluang untuk menentukan ketiga buah aturan di atas bergantung pada dengan dua buah parameter, yaitu *Harmony Rate Considering Rate* (HMCR) dan *Pitch Adjusting Rate* (PAR).

*Harmony Search Algorithm* pernah digunakan untuk menyelesaikan kasus-kasus optimasi, diantaranya kasus *Traveling Salesman Problem*, kasus minimasi (Braken and McCormick), dan perancangan *pipeline network* di Hanoi, Vietnam (Geemet. *al.*, 2001). Penerapan HSA pada kasus TSP (*symmetric*) yang telah dilakukan, didapatkan hasil yang cukup baik, yaitu dapat mencapai titik optimum. Pada kasus minimasi fungsi Braken and McCormick, HSA menghasilkan solusi yang cukup baik walaupun tidak mencapai nilai optimum. Jika dibandingkan dengan *genetic algorithm*, HSA menghasilkan solusi yang lebih mendekati nilai optimum. Untuk penerapan pada perancangan *pipeline network* di Hanoi, Vietnam, HSA menghasilkan solusi yang terbaik dibandingkan

dengan metode *Nonlinear Programming Gradient* dan *Genetic Algorithm*. Hal ini ditandai dengan solusi yang menghasilkan ongkos terkecil.

Metode metaheuristik yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Harmony Search Algorithm* (HSA). Geemet. al. (2001) mengatakan bahwa algoritma metaheuristik ini dirancang untuk menyelesaikan kasus optimasi untuk menghasilkan solusi yang baik dibandingkan dengan metode yang telah ada. Dengan potensi yang dimilikinya tersebut, pada penelitian ini akan digunakan HSA untuk menyelesaikan kasus ATSP tersebut. Oleh karena itu, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana penerapan Algoritma *Harmony Search* dalam menyelesaikan kasus *benchmark Asymmetric Traveling Salesman Problem*?
2. Bagaimana pengaruh dari parameter-parameter dari *Harmony Search Algorithm* terhadap performansinya?
3. Bagaimana perbandingan performansi *Harmony Search Algorithm* dengan performansi *A New Genetic Algorithm* (Nagata & Soler, 2012) dan *Improved Discrete Bat Algorithm* (Osaba et al., 2016) dalam menyelesaikan kasus *benchmark Asymmetric Traveling Salesman Problem*?

### **I.3 Batasan Masalah**

Pembatasan masalah yang dibuat sesuai identifikasi masalah dan perancangan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kasus yang digunakan terbatas hanya pada kasus *benchmark*.
2. Waktu proses/iterasi bukan merupakan tolak ukur performansi algoritma dalam penelitian ini.

### **I.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, dapat disimpulkan tujuan penelitian yang akan dilakukan.

1. Menerapkan *Harmony Search Algorithm* dalam menyelesaikan kasus *benchmark Asymmetric Traveling Salesman Problem*.
2. Mengetahui pengaruh parameter-parameter dari *Harmony Search Algorithm* terhadap performansinya.
3. Membandingkan performansi *Harmony Search Algorithm* dengan performansi *A New Genetic Algorithm* (Nagata & Soler, 2012) dan *Improved*

*Discrete Bat Algorithm* (Osabaet.al., 2016) dalam menyelesaikan kasus *benchmark Asymmetric Traveling Salesman Problem*.

### **I.5 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan penelitian yang dirancang, maka manfaat yang diharapkan didapatkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

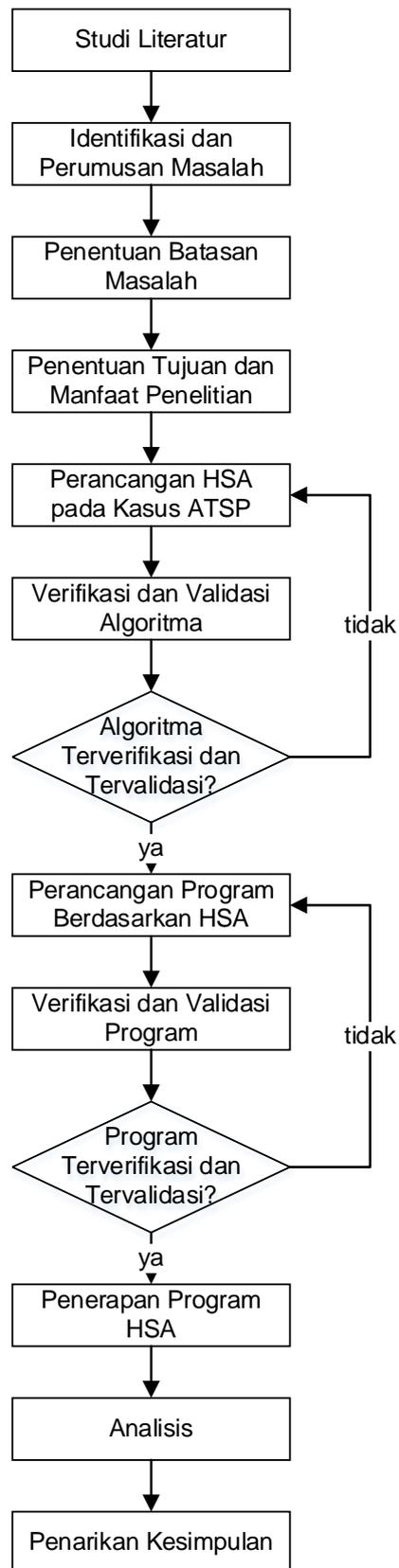
1. Menambah pengetahuan mengenai penerapan *Harmony Search Algorithm* dalam menyelesaikan kasus optimasi *Asymmetric Traveling Salesman Problem*.
2. Menambah referensi untuk penelitian mengenai *Harmony Search Algorithm* dan *Asymmetric Traveling Salesman Problem*.

### **I.6 Metodologi Penelitian**

Dalam melakukan penelitian mengenai perancangan dan penerapan algoritma ini, diperlukan suatu metodologi penelitian. *Flow chart* metodologi untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar I.1. Berikut ini merupakan langkah-langkah atau metodologi yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Studi Literatur  
Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan informasi mengenai *Harmony Search Algorithm* (HSA) dan *Asymmetric Travelling Salesman Problem* (ATSP) dari jurnal dan buku referensi terkait.
2. Identifikasi dan Perumusan Masalah  
Selanjutnya akan dilakukan identifikasi dan perumusan dari masalah yang diangkat. Dalam penelitian ini, masalah yang diangkat adalah mengenai masalah ATSP. Perumusan masalah dilakukan berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan sebelumnya.
3. Penentuan Batasan Masalah dan Asumsi  
Setelah dilakukan identifikasi dan perumusan dari masalah yang diangkat, dilakukan penentuan batasan masalah yang digunakan dalam penelitian mengenai penerapan HSA dalam menyelesaikan kasus ATSP. Batasan masalah digunakan untuk membatasi permasalahan yang diangkat agar lebih fokus dan tidak meluas.
4. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Suatu penelitian tentunya memiliki tujuan dan manfaat penelitian. Dalam penelitian ini juga ditentukan tujuan dan manfaat penelitian. Penentuan tujuan dan manfaat bertujuan agar penelitian yang dilakukan dapat terarah.



Gambar I.1 Flowchart Metodologi Penelitian

5. Perancangan HSA pada Kasus ATSP

Tahap awal yang diperlukan sebelum menerapkan algoritma HS untuk menyelesaikan masalah ATSP adalah perancangan dari algoritma HS. Perancangan dimulai dengan menentukan metode *encoding* dan *decoding*. Perancangan algoritma dibuat dalam bentuk *flowchart*. Tujuan dari perancangan ini agar HSA dapat merepresentasikan solusi bagi ATSP.

6. Verifikasi dan Validasi Algoritma

Algoritma HS yang dirancang dan disesuaikan pada langkah sebelumnya perlu diverifikasi dan validasi agar dapat dipastikan bahwa algoritma yang dirancang sudah sesuai untuk menyelesaikan kasus ATSP. Algoritma yang dirancang harus terverifikasi dan tervalidasi. Jika algoritma yang dibuat tidak terverifikasi atau tervalidasi, maka perlu dilakukan perancangan kembali algoritma tersebut hingga terverifikasi dan tervalidasi.

7. Perancangan Program Berdasarkan HSA

Pembuatan program komputer dilakukan setelah hasil dari perancangan algoritma HS sudah terverifikasi dan tervalidasi dilanjutkan dengan. Tujuannya pembuatan program komputer adalah agar proses perhitungan untuk memberikan solusi ATSP dapat dilakukan dengan cepat.

8. Verifikasi dan Validasi Program

Program yang telah dirancang harus diverifikasi dan divalidasi agar sesuai dengan perancangan algoritma HS untuk menyelesaikan kasus-kasus ATSP. Program yang dirancang harus terverifikasi dan tervalidasi. Jika program yang dibuat tidak terverifikasi atau tervalidasi, maka perlu dilakukan perancangan kembali program tersebut hingga terverifikasi dan tervalidasi.

9. Penerapan Program HSA

Penerapan program dilakukan untuk menghasilkan solusi kasus *benchmark* ATSP yang digunakan pada algoritma HS.

10. Analisis

Analisis dilakukan pada hasil penerapan algoritma HS pada kasus *benchmark* ATSP. Analisis juga dapat dilakukan untuk mengetahui parameter apa yang memengaruhi algoritma HS dalam menyelesaikan kasus *benchmark*.

11. Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan dilakukan untuk menjawab rumusan masalah berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

#### **I.7 Sistematika Penulisan**

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai sistematika penulisan dalam penelitian mengenai penerapan *Harmony Search Algorithm* untuk menyelesaikan kasus *Asymmetric Traveling Salesman Problem* yang dilakukan. Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab pertama ini akan dijelaskan mengenai latar belakang masalah, kemudian dilanjutkan dengan identifikasi masalah lebih mendalam dan dilakukan perumusan masalah. Pada bab ini juga akan dibahas mengenai batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan penelitian ini.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab kedua ini akan berisi tinjauan pustaka dari kasus *Asymmetric Traveling Salesman Problem* dan algoritma yang akan digunakan untuk menyelesaikannya, yaitu *Harmony Search Algorithm*. Pada bab kedua ini juga akan dibahas mengenai perancangan eksperimen yang nantinya akan digunakan dalam pengolahan data penelitian ini.

### **BAB III PERANCANGAN ALGORITMA**

Pada bab ketiga ini akan berisi mengenai perancangan algoritma yang akan digunakan pada penelitian ini. Pada penelitian ini, akan dirancang algoritma *Harmony Search Algorithm* agar dapat digunakan untuk menyelesaikan kasus *Asymmetric Traveling Salesman Problem*. Setelah dilakukan perancangan, dilakukan verifikasi dan validasi dari perancangan yang telah dilakukan.

### **BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA**

Pada bab keempat ini akan berisi mengenai implementasi *Harmony Search Algorithm* yang telah dirancang untuk menyelesaikan kasus

*Asymmetric Traveling Salesman Problem*. Setelah dilakukan implementasi algoritma, akan dilakukan perbandingan performansi dari algoritma terhadap algoritma pembanding. Pada bab ini juga akan dilakukan pengujian pengaruh dan interaksi dari parameter HSA.

## **BAB V ANALISIS**

Pada bab ini akan berisi mengenai analisis dari perancangan yang dilakukan, pengaruh parameter, dan performansi dari *Harmony Search Algorithm* dalam menyelesaikan kasus *Asymmetric Traveling Salesman Problem*. Pada bagian ini juga akan berisi mengenai kelebihan dan kekurangan dari algoritma *Harmony Search Algorithm*.

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab kelima ini akan berisi mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai penerapan *Harmony Search Algorithm* untuk menyelesaikan kasus *Asymmetric Traveling Salesman Problem*. Pada bab ini juga akan berisi mengenai saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.