

**OPTIMASI RUTE TRANSPORTASI SEBAGAI  
SARANA BANTUAN TURIS DENGAN  
ALGORITMA SIMULATED ANNEALING**

**THE ROUTE OPTIMIZATION AS A MEANS TO HELP  
TOURISTS WITH THE SIMULATED ANNEALING  
ALGORITHM**

**ROSJANTI**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

**TESIS**

**OPTIMASI RUTE TRANSPORTASI SEBAGAI SARANA BANTUAN  
TURIS DENGAN ALGORITMA SIMULATED ANNEALING**

Di susun dan di ajukan oleh

**ROSJANTI**

**Nomor Pokok P2700211010**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 15 Agustus 2013

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

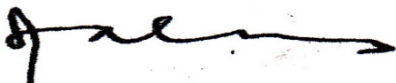
Komisi Penasehat

Dr. Ir.Zahir Zainuddin, M.Sc  
Ketua

Dr.Eng.Syafaruddin, ST.,M.Eng  
Sekretaris

Ketua Program Studi  
Teknik Elektro

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Salama Manjang, MT

Prof. Dr. Ir. Mursalim,M.Sc

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Yang betanda-tangan di bawah ini :

Nama : Rosjanti  
NIM : P2700211010  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil-alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Adapun kutipan atau rujukan sebagai sumber informasi yang saya gunakan dari penulis lain, telah saya sebutkan namanya pada daftar pustaka tesis ini.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa tesis ini adalah hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Makassar, Agustus 2013

Yang Menyatakan

Rosjanti

## **PRAKATA**

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, dengan selesainya penulisan tesis ini.

Gagasan yang melatarbelakangi topik permasalahan ini timbul dari hasil pengamatan penulis terhadap sistem informasi transportasi online saat ini yang belum terintegrasi sehingga ketika turis ingin merencanakan perjalanannya, maka memerlukan banyak waktu untuk mendapatkan informasi tentang alat transportasi yang akan digunakan.

Melalui penelitian ini penulis bermaksud menyumbangkan suatu konsep Optimasi Rute Transportasi Sebagai Sarana Bantuan Turis yang terintegrasi agar turis dapat memperoleh informasi yang lengkap dan teroptimasi sehingga dapat merencanakan perjalanannya baik melalui penerbangan, pelayaran maupun melalui darat secara efektif dan efisien.

Banyak kendala yang dihadapi penulis dalam penyusunan tesis ini, yang hanya berkat bantuan berbagai pihak, maka tesis ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc., sebagai Ketua Komisi Penasehat dan Dr. Eng. Syafaruddin, ST.,M.Eng., sebagai Anggota Komisi Penasehat atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan penelitian ini dan pelaksanaan penelitian hingga penulisan tesis ini.

2. Prof. Dr. Ir. H. Najamuddin Harun, MS., Dr. Ir. H. Andani Achmad, MT., Dr. Loeky Haryanto, MS.,M.Sc.,MAT., selaku Dosen penguji.
3. Terima kasih kepada suamiku Ir. Yani Sarira, MM., anak-anakku Naya dan Karin, orang tuaku Drs. M. Tangdionga, mertuaku Paulina Sarira dan saudara-saudaraku yang senantiasa memberikan motivasi serta mendoakan penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini.
4. Rakan-rekan Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin Teknik Elektro Angkatan 2011, Indra Hadi Utama serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian tesis ini.

Penulis merasa penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan.

Makassar, Agustus 2013

Penulis

Rosjanti

## ABSTRAK

**Rosjanti.** *Optimasi Rute Transportasi Sebagai Sarana Bantuan Turis Dengan Algoritma Simulated Annealing* (dibimbing oleh **Zahir Zainuddin** dan **Syafaruddin**)

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat, maka sekarang ini sangat dibutuhkan suatu pelayanan yang sudah terintegrasi dalam bidang transportasi baik transportasi darat, laut dan udara. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu desain dengan merancang sebuah sistem aplikasi bagi pelaku perjalanan agar dapat menentukan rute transportasi dengan biaya tiket yang termurah dari seluruh moda transportasi yang melayani rute yang diinginkan si pelaku perjalanan.

Penelitian ini bertujuan (1) mengintegrasikan moda transportasi yang optimal kepada turis (2) mengoptimalkan informasi rute transportasi dengan algoritma *simulated annealing*. Penelitian ini merupakan penelitian historis yang bersifat aplikatif dengan menggunakan metode studi pustaka, metode pengumpulan data dan pembuatan aplikasi berdasarkan hasil analisis dari algoritma *simulated annealing* dengan menggunakan fungsi biaya. Algoritma *simulated annealing* digunakan untuk proses pencarian biaya tiket termurah dari seluruh moda transportasi yang digunakan.

Hasil dari penelitian ini adalah mendapatkan informasi biaya tiket termurah dari seluruh moda transportasi yang melayani rute kota tujuan sesuai tanggal dan jam keberangkatan. Dari hasil tersebut dapatlah disimpulkan bahwa algoritma *simulated annealing* sangat efektif digunakan sebagai algoritma optimasi biaya.

**Kata Kunci :** *Optimasi Rute, Simulated Annealing*

## ABSTRACT

**Rosjanti.** Route Optimization Means of Transport For Tourists Help With Simulated Annealing Algorithm (guided by **Zahir Zainuddin** and **Syafaruddin**)

Along with the development of information technology is rapidly increasing, it is now urgently needed is an integrated services in the field of transportation both land, sea and air. This study aims to create a design by designing an application system for the traveling performers in order to determine the cost of transportation with the cheapest tickets from all modes of transportation that serve the desired trip offender.

This study aims to (1) integrate the optimal mode of transportation to the tourist (2) optimize the transportation route information with simulated annealing algorithm. This study is a historical research that is applied by using the method of literature review, data collection methods and the creation of applications based on the analysis of the simulated annealing algorithm using the cost function. Algoritma simulated annealing is used for the process of finding the cheapest ticket cost of all modes of transport used.

The results of this research are to get the cheapest tickets cost information from all modes of transportation routes serving destinations on the date and hour of departure. From these results it can be concluded that the simulated annealing algorithm is effectively used as a cost optimization algorithm.

*Keywords: Route Optimization, Simulated Annealing*

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB I    PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	4
E. Batasan Masalah .....	4



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Optimasi.....	6
B. Sistem Transportasi .....	7
1. Pengertian Sistem Transportasi .....	7
2. Moda Transportasi .....	8
3. Proses Pemilihan Moda Yang Akan Digunakan .....	9
C. Algoritma Simulated Annealing (SA).....	12
1. Sejarah Simulated Annealing .....	12
2. Pemodelan Dengan Simulated Annealing .....	15
3. Cara Kerja Algoritma Simulated Annealing.....	16
4. Pseudocode Simulated Annealing.....	18
D. Tinjauan Hasil Penelitian Terkait.....	23
E. Kerangka Pikir.....	30

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	31
B. Tahapan Penelitian .....	31
1. Analisis.....	31
2. Desain Sistem .....	32

3. Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	33
4. Perancangan Sistem .....	34
5. Implementasi Sistem .....	35
6. Pengujian .....	38
7. Hasil Penelitian.....	38

#### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Sistem .....	41
B. Perancangan Aplikasi .....	43
1. Use Case Diagram .....	45
2. Activity Diagram .....	46
3. Statechart Diagram .....	49
4. Class Diagram.....	51
C. Penerapan Algoritma .....	53
D. Implementasi Sistem .....	63
1. Interface User.....	63
2. Interface Admin .....	65
E. Pengujian Sistem.....	70

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan..... 75

B. Saran..... 76

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Gambar 2.1 Kerangka Umum Moda Transportasi Menurut Kondisi Geografis .....	9
2. Gambar 2.2 Proses Memilih Antara Melakukan Perjalanan Dengan Tidak Melakukan Perjalanan .....	10
3. Gambar 2.3 Proses Pemilihan Moda Transportasi Oleh Pelaku Perjalanan .....	11
4. Gambar 2.4 Flowchart Simulated Annealing .....	21
5. Gambar 2.5 Kerangka Pikir .....	30
6. Gambar 3.1 Perancangan Sistem .....	34
7. Gambar 3.2 Perangkat Penelitian .....	37
8. Gambar 3.3 Tahapan Proses Penelitian .....	39
9. Gambar 3.4. Daerah Objek Penelitian .....	40
10. Gambar 4.1 Rancangan Database .....	41
11. Gambar 4.2 Arsitektur Perangkat Lunak .....	42
12. Gambar 4.3 Alur Proses Penggunaan Sistem .....	44
13. Gambar 4.4 Use Case Diagram .....	45
14. Gambar 4.5 Activity Diagram Input Data Transportasi .....	47






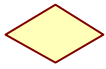

15. Gambar 4.6 Activity Diagram Informasi Tiket.....	48
16. Gambar 4.7 Statechart Input Data Transportasi .....	49
17. Gambar 4.8 Statechart Diagram Informasi Tiket.....	50
18. Gambar 4.9 Class Diagram.....	52
19. Gambar 4.10 Proses Penginputan Makassar – Manado .....	55
20. Gambar 4.11 Output Proses Pencarian Tiket Makassar – Manado ...	56
21. Gambar 4.12 Ouput Proses Pencarian Tiket Termurah Data Penerbangan Air Asia .....	58
22. Gambar 4.13 Output Proses Pencarian Tiket Termurah Data Penerbangan Garuda.....	59
23. Gambar 4.14 Output Proses Pencarian Tiket Termurah Data Pelayaran .....	61
24. Gambar 4.15 Output Proses Pencarian Tiket Termurah Data Bus ....	62
25. Gambar 4.16 Interface User Pencarian Tiket.....	64
26. Gambar 4.17 Form Login Admin.....	65
27. Gambar 4.18 Tampilan Halaman Admin.....	66
28. Gambar 4.19 Tampilan Mengedit Kota Asal dan Tujuan .....	67
29. Gambar 4.20 Tampilan Mengedit Moda Transportasi.....	68
30. Gambar 4.21 Tampilan Mengedit Jadwal .....	69

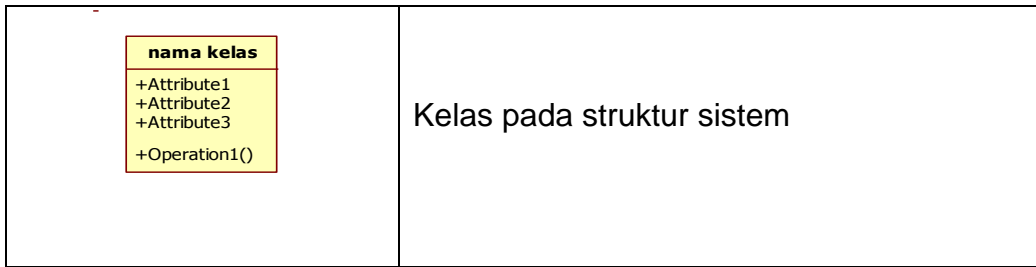
## DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Tabel 2.1 Pemetaan Physical Anneling ke Simulated Annealing .....	18
2. Tabel 4.1 Data Penerbangan Untuk Rute Makassar – Manado.....	53
3. Tabel 4.2 Data Pelayaran Untuk Rute Makassar – Manado .....	54
4. Tabel 4.3 Data Bus Untuk Rute Makassar – Manado .....	54
5. Tabel 4.4 Tabel Pengujian .....	71

## DAFTAR SIMBOL

Daftar simbol berikut adalah simbol-simbol yang digunakan pada penulisan ini :

 Aktor	Aktor
 Use case	Perilaku yang dibutuhkan dan dikehendaki oleh sistem
	Start point
	End point
 Aktivitas	Kegiatan dalam alur kerja
	Suatu kondisi dalam alur kerja
 Swimlane	Sebuah cara untuk mengelompokan <i>activity</i> berdasarkan aktor





## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Perijinan Pelaksanaan Penelitian.....	77
2. Data-Data Pendukung Penelitian.....	78
3. Data-Data Transportasi.....	79
4. Tampilan Antar Muka Aplikasi.....	80
5. Tabel Objek Wisata di Pulau Sulawesi .....	81
6. Lintasan Rute.....	82
7. Listing Program.....	83

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Perkembangan teknologi informasi global saat ini telah mempengaruhi seluruh sektor kehidupan sejak puluhan tahun yang lalu. Begitu pula dengan perkembangan teknologi jaringan yang berkembang dengan berbagai macam inovasi yang semakin memudahkan dalam beraktifitas dengan pertimbangan efektifitas dan efisiensi.

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, maka setiap individu pun layaknya menerima berbagai informasi secara mudah dan cepat.

Kondisi sumber daya serta metode pelayanan secara konvensional merupakan faktor yang menyebabkan berkurangnya mutu layanan. Di pihak lain, masyarakat meminta pelayanan yang cepat dan tepat sesuai yang mereka harapkan. Untuk mengatasi hal tersebut maka pihak penyedia jasa khususnya jasa transportasi harus berusaha mencari solusi yang tepat guna sehingga pelayanan dapat dilakukan tanpa perlu meluangkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan informasi sesuai kebutuhan.[10]

Untuk pelayanan transportasi udara dan laut sudah menggunakan pelayanan secara online dimana turis (pelaku perjalanan) sudah bisa mengakses melalui internet.

Sedangkan untuk pelayanan transportasi darat, saat ini masih menggunakan cara konvensional. Calon penumpang biasanya mendatangi kantor Perusahaan Otobus (PO) atau menghubungi via telepon kantor PO untuk mendapatkan informasi tentang bus-bus yang melayani rute yang dimaksud oleh calon penumpang. Dengan demikian perlu adanya suatu sistem pelayanan informasi yang online yang dapat langsung diakses oleh turis melalui internet.

Inilah yang menjadi pertimbangan untuk membuat suatu sistem yang mengintegrasikan seluruh moda transportasi dalam satu sistem sehingga turis lebih mudah untuk memilih rute yang akan digunakan, sarana angkutan, waktu tempuh serta biaya.

Dengan demikian diharapkan kedepan akan didapatkan suatu sistem transportasi yang efektif, handal dan memegang peranan penting sebagai sarana bantuan turis yang membantu mereka dengan membuat keputusan yang lebih baik dalam memilih rute.

Berawal dari kasus ini dikembangkan metode-metode pemecahan masalah transportasi yang diharapkan dapat memberikan pemecahan yang optimal. Berbagai pendekatan dan algoritma ditawarkan untuk dapat menyelesaikan masalah optimasi transportasi, salah satunya adalah dengan algoritma *Simulated Annealing* (SA).[1]

Algoritma *Simulated Annealing* (SA) tergolong teknik pencarian heuristik yang banyak digunakan dalam masalah optimasi. Algoritma SA bersifat *problem independent* sehingga fleksibel untuk diterapkan pada

berbagai masalah. Beberapa penelitian menyimpulkan bahwa algoritma ini dapat menghasilkan solusi optimal atau mendekati optimal dengan waktu yang relatif singkat.[5].

## **B. Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang diatas, permasalahan yang timbul adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengintegrasikan seluruh moda transportasi dalam satu sistem
2. Bagaimana mengoptimalkan rute transportasi dengan algoritma *Simulated Annealing* untuk mendapatkan biaya tiket termurah

## **C. Tujuan Penelitian**

Dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat dibuat model Optimasi Rute Transportasi Sebagai Sarana Bantuan Turis Dengan Algoritma *Simulated Annealing* yang terintegrasi dalam suatu aplikasi program. Untuk mendapatkan model yang dimaksud maka dirumuskan tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengintegrasikan moda transportasi yang optimal kepada turis dalam membuat keputusan yang lebih baik dalam memilih rute dan moda transportasi mereka dengan adanya sistem transportasi yang sudah terintegrasi.
2. Mengoptimalkan informasi rute transportasi dengan metode *Simulated Annealing* untuk mendapatkan biaya tiket termurah.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian yang dilakukan diharapkan dapat menjadi acuan sistem optimasi rute transportasi sebagai sarana bantuan turis di Indonesia. Oleh karena itu sangat diharapkan :

1. Untuk meningkatkan pemahaman tentang penggunaan algoritma Simulated Annealing sebagai algoritma optimasi
2. Memberikan informasi yang cepat dalam menentukan rute dan moda transportasi
3. Untuk menghindari turis ( pelaku perjalanan) memilih rute dan alat transportasi yang salah
4. Tindakan percaloan dapat diminimalisir

#### **E. Batasan Masalah**

Agar dalam penelitian ini dapat mencapai sasaran dan tujuan yang diharapkan, maka permasalahan yang ada dibatasi pada :

1. Rute transportasi yang dimaksud adalah rute yang hanya melayani antar kota di Pulau Sulawesi dengan kota asal Makassar, alat transportasi laut, udara dan darat.
2. Untuk alat transportasi laut menggunakan kapal penumpang PELNI, alat transportasi udara menggunakan pesawat dari berbagai maskapai penerbangan yang terdaftar di Bandara Hasanuddin Makassar dan untuk alat transportasi darat adalah

bus penumpang yang perusahaannya ada di Terminal Daya Makassar.

3. Dalam menentukan rute: cuaca, keadaan lalu lintas dan kondisi jalan tidak diperhitungkan
4. Algoritma yang digunakan adalah *Simulated Annealing*
5. Optimasi rute yang dimaksud adalah pemilihan rute yang menguntungkan bagi turis dalam hal ini biaya tiket.
6. Turis yang dimaksud adalah pelaku perjalanan yang sudah mempunyai tempat tujuan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka dimaksudkan untuk memberikan gambaran atau batasan tentang teori-teori yang dipakai sebagai landasan teori. Teori yang melandasi kajian Optimasi Rute Transportasi Sebagai Sarana Bantuan Turis dengan Algoritma Simulated Annealing.

#### **A. Teori Optimasi**

Optimisasi ialah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimal ( nilai efektif yang dapat dicapai). [9]

Dalam ilmu disiplin matematika optimisasi merujuk pada studi permasalahan yang mencoba untuk mencari nilai minimal atau maksimal dari suatu fungsi nyata. Untuk mencapai nilai optimal baik minimal atau maksimal tersebut, secara sistematis dilakukan pemilihan nilai variabel integer atau nyata yang akan memberikan solusi optimal.

Nilai optimal adalah nilai yang didapat dengan melalui suatu proses dan dianggap menjadi suatu solusi jawaban yang paling baik dari semua solusi yang ada.

Secara umum, penyelesaian masalah optimasi dalam menentukan rute transportasi dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik. Metode konvensional diterapkan dengan perhitungan matematis biasa. Contoh diantaranya

adalah algoritma Dijkstra, algoritma Floyd-Warshall dan algoritma Bellman-Ford. Sedangkan metode heuristik diterapkan dengan perhitungan kecerdasan buatan. Ada beberapa algoritma pada metode heuristik yang biasa digunakan dalam permasalahan optimasi, diantaranya algoritma genetika, algoritma semut, logik fuzzy, jaringan syaraf tiruan, pencarian tabu, simulated annealing dan lain-lain. [9].

## **B. Sistem Transportasi**

### **1. Pengertian Sistem Transportasi**

Secara umum, sistem dapat diartikan sebagai suatu kesatuan, unit, atau integritas yang bersifat komprehensif yang terdiri dari komponen-komponen yang saling mendukung dan bekerja sama mengintegrasikan sistem tersebut. Dengan demikian kalau salah satu komponen rusak, maka rusak pulalah sistem tersebut.

Transportasi secara umum dapat diartikan sebagai usaha pemindahan atau pergerakan orang atau barang dari suatu lokasi, yang disebut dengan lokasi asal, ke lokasi lain, yang biasa disebut lokasi tujuan, untuk keperluan tertentu dengan mempergunakan alat tertentu pula [7].

Adanya keinginan manusia untuk mendapatkan barang yang tidak bisa diperoleh dari tempat dimana dia berada, menyebabkan manusia harus melakukan perjalanan dari satu tempat ke tempat yang lain untuk



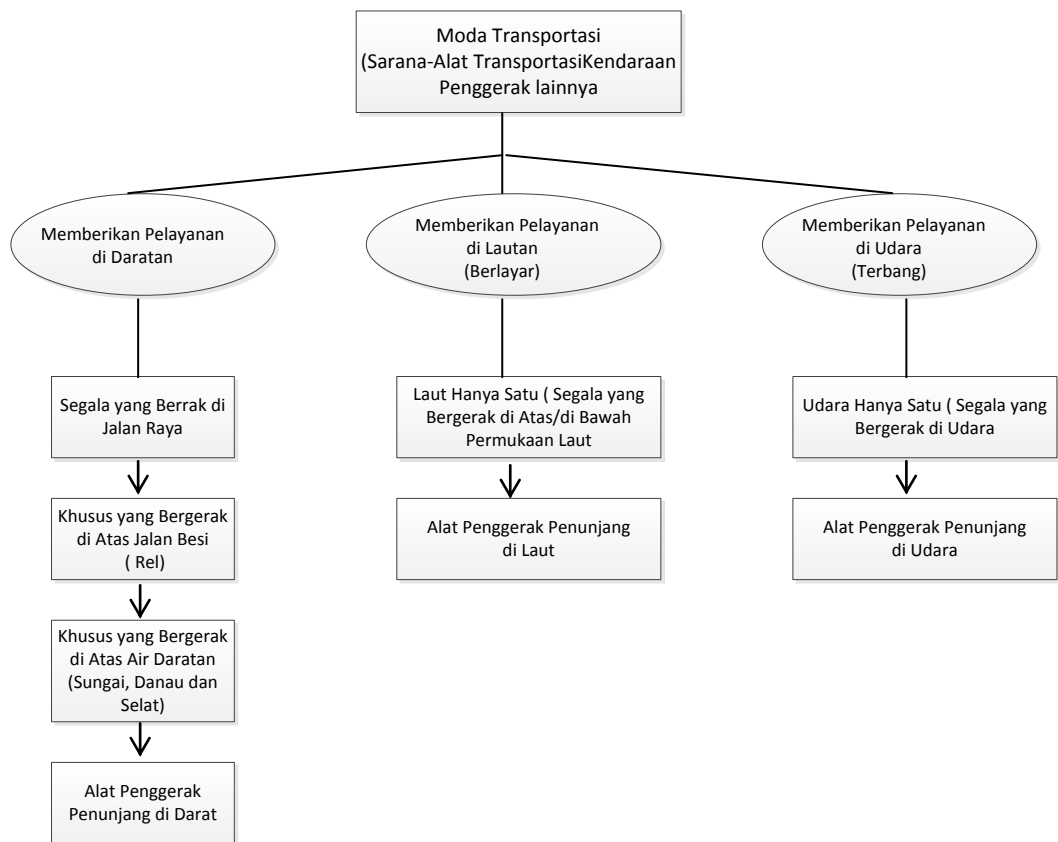
menemukan yang diperlukan. Jadi ada 3 unsur utama transportasi yakni  
:[9]

- a) Ada yang dipindahkan yaitu benda/barang, manusia, informasi
- b) Ada yang (mempermudah) memindahkan yaitu sarana, antara lain : kendaraan, kereta api, kapal laut, pesawat
- c) Ada yang memungkinkan terjadinya perpindahan yaitu prasarana, antara lain : jalan, jembatan, pelabuhan, terminal dan bandara

## **2. Moda Transportasi**

Moda berasal dari kata “modus” yaitu segala sesuatu yang dapat dilihat fisiknya [7]. Untuk transportasi, artinya juga demikian tetapi lebih ditekankan pada bagaimana teknik atau cara pindah seseorang atau barang dari titik asal ke titik tujuan. Teknik atau cara pindah itulah yang merupakan moda atau bentuk media transportasi yang melayaninya.

Untuk mempermudah melihat bentuk transportasi yang ada di Indonesia yang sesuai dengan bentuk geografisnya dapat dilihat pada Gambar 2.1. Dari gambar tersebut dapatlah diketahui apa bentuk transportasi yang secara geografis akan beroperasi dan memberikan pelayanannya.



Gambar 2.1 Kerangka Umum Moda Transportasi Menurut Kondisi Geografis

Dalam melakukan perjalanan dari suatu tempat ke tempat yang lain manusia dihadapkan pada berbagai pilihan jenis angkutan atau moda transportasi [15], antara lain angkutan pribadi, angkutan umum seperti pesawat, kapal laut, bus, kereta api.

### 3. Proses Pemilihan Moda Yang Akan Digunakan

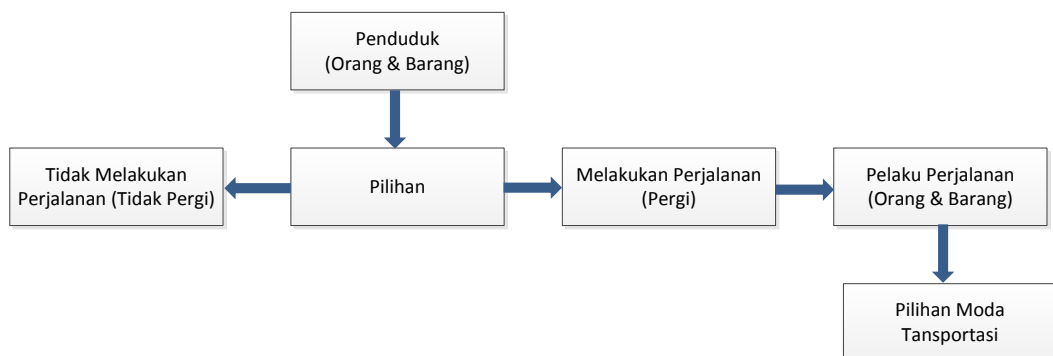
Dari sekian banyak moda transportasi yang ditawarkan tentu tidak seluruhnya dapat digunakan sekaligus dalam waktu yang bersamaan. Untuk itu diperlukan pilihan dalam penggunaannya. Pilihan penggunaan

salah satu moda sangat ditentukan oleh banyak faktor diantaranya ialah keadaan pelaku perjalanan, keadaan sistem atau moda transportasi yang akan digunakan, keadaan lingkungan perjalanan, keadaan wilayah, keadaan ekonomi pelaku perjalanan, maksud dan tujuan dari perjalanan.

Pilihan moda transportasi oleh pelaku perjalanan sebenarnya adalah sebuah proses pemilihan yang diawali dengan pilihan akan dua hal, yaitu :[7]

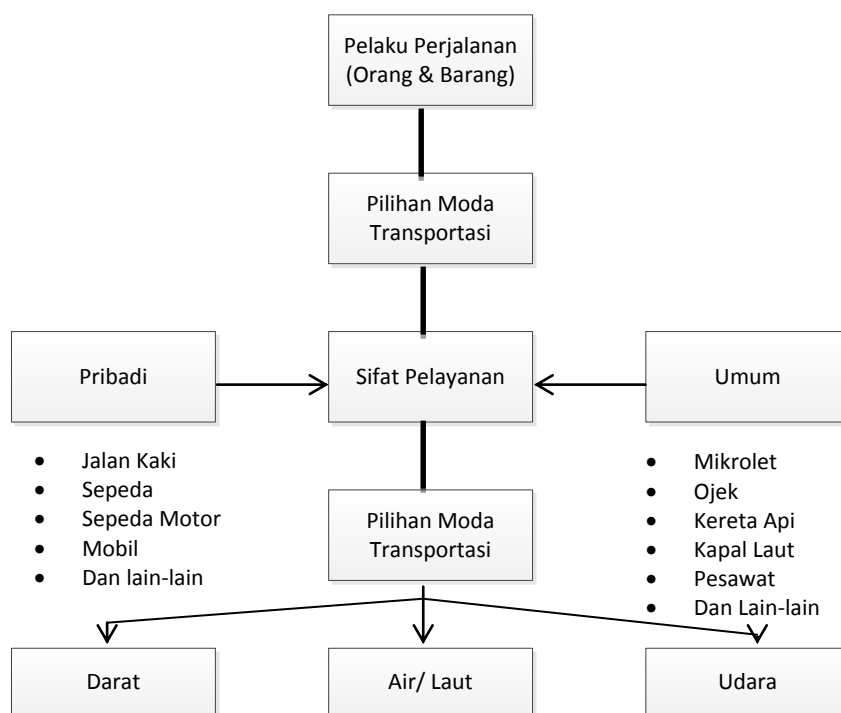
1. Melakukan perjalanan (pergi)
2. Tidak melakukan perjalanan (tidak pergi)

Khusus untuk pilihan “tidak melakukan perjalanan (tidak pergi)” tidak akan terjadi pilihan moda transportasi sehingga pilihan moda transportasi akan dilakukan oleh masyarakat yang melakukan perjalanan (“pergi dari suatu lokasi ke lokasi yang lain”) saja, seperti yang dijelaskan oleh Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses Memilih Antara Melakukan Perjalanan Dengan Tidak Melakukan Perjalanan

Setelah diputuskan mengambil pilihan untuk melakukan perjalanan maka pelaku perjalanan (orang dan/atau barang) dihadapkan lagi pada pilihan berikutnya. Pilihannya adalah moda transportasi apa yang akan digunakannya untuk menyelesaikan sebuah perjalanan sampai ke tujuan, seperti yang dijelaskan oleh Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses Pemilihan Moda Transportasi Oleh Pelaku Perjalanan

Pemilihan rute juga tergantung moda transportasi, pemilihan moda dan pemilihan rute biasanya dilakukan bersama dan tergantung alternatif terpendek, tercepat dan termurah[15].

### **C. Algoritma *Simulated Annealing* (SA)**

#### **1. Sejarah *Simulated Annealing***

*Simulated Annealing* (SA) adalah salah satu algoritma untuk optimisasi. Berbasiskan probabilitas dan mekanika statistik, algoritma ini dapat digunakan untuk mencari pendekatan terhadap solusi optimum global dari suatu permasalahan. Masalah yang membutuhkan pendekatan *Simulated Annealing* adalah masalah-masalah optimisasi kombinatoral, dimana ruang pencarian solusi yang ada terlalu besar, sehingga hampir tidak mungkin ditemukan solusi eksak terhadap permasalahan itu. Publikasi tentang pendekatan ini pertama kali dilakukan oleh S. Kirkpatrick, C.D. Gelatt dan M.P Vecchi, di aplikasikan pada desain optimal hardware komputer dan juga pada salah satu masalah klasik ilmu komputer yaitu *Travelling Salesman Problem*.

*Annealing* adalah satu teknik yang dikenal dalam bidang metalurgi, digunakan dalam mempelajari proses pembentukan kristal dalam suatu materi. Agar dapat terbentuk susunan kristal yang sempurna, diperlukan pemanasan sampai suatu tingkat tertentu, kemudian dilanjutkan dengan pendinginan yang perlahan-lahan dan terkendali dari materi tersebut. Pemanasan materi di awal proses *annealing*, memberikan kesempatan pada atom-atom dalam materi itu untuk bergerak secara bebas, mengingat tingkat energi dalam kondisi panas ini cukup tinggi. Proses pendinginan yang perlahan-lahan memungkinkan atom-atom yang tadinya bergerak bebas itu, pada akhirnya menemukan tempat yang optimum,

dimana energi internal yang dibutuhkan atom itu untuk mempertahankan posisinya adalah minimum.

*Simulated Annealing* berjalan berdasarkan analogi dengan proses *annealing* yang telah dijelaskan diatas. Pada awal proses *Simulated Annealing* dipilih suatu solusi awal, yang merepresentasikan kondisi materi sebelum proses dimulai. Gerakan bebas dari atom-atom pada materi, direpresentasikan dalam bentuk modifikasi terhadap solusi awal/solusi sementara. Pada awal proses *Simulated Annealing*, saat parameter suhu ( $T$ ) diatur tinggi, solusi sementara yang sudah ada diperbolehkan untuk mengalami modifikasi secara bebas.

Kebebasan ini secara relatif diukur berdasarkan nilai fungsi tertentu yang mengevaluasi seberapa optimal solusi sementara yang telah diperoleh. Bila nilai fungsi evaluasi hasil modifikasi ini membaik ( dalam masalah optimisasi yang telah berusaha mencari minimum berarti nilainya lebih kecil) solusi hasil modifikasi ini akan digunakan sebagai solusi selanjutnya. Bila nilai fungsi evaluasi hasil modifikasi ini memburuk, pada saat temperatur *annealing* masih tinggi, solusi yang lebih buruk ini masih mungkin diterima. Dalam tahapan selanjutnya saat temperatur sedikit demi sedikit dikurangi, maka kemungkinan untuk menerima langkah modifikasi yang tidak memperbaiki nilai fungsi evaluasi semakin berkurang. Sehingga kebebasan untuk memodifikasi solusi semakin menyempit, sampai akhirnya diharapkan diperoleh solusi yang mendekati solusi optimal.

Dengan menurunkan temperatur sistem diharapkan energi (dianalogikan sebagai fungsi biaya) dapat dikurangi ke suatu level yang relatif rendah. Semakin lambat laju pendinginan ini, semakin rendah pula energi yang dapat dicapai oleh sistem pada akhirnya. Guna mensimulasikan proses evolusi menuju keseimbangan termal untuk suatu materi zat padat dalam sebuah tungku pemanas pada setiap temperatur  $T$ , Metropolis membuat algoritma sebagai berikut :

- a. Jika diketahui *state current* dari zat padat (energi  $E$ ), maka sebuah mekanisme acak digunakan untuk membuat *state* berikutnya (energi baru  $E'$ ) dengan melakukan sedikit pergeseran terhadap suatu partikel yang dipilih secara acak.
- b. Jika  $(\Delta E = E - E') \leq 0$ , maka proses dilanjutkan dengan *new state* ini. Jika  $\Delta E > 0$ , *state* yang dibuat ini diterima dengan probabilitas tertentu yaitu :  $e^{-k\Delta E/T}$ , yang disebut kriteria Metropolis. Agar zat padat dapat mencapai keseimbangan termal untuk tiap nilai temperatur, proses penurunan temperatur dilakukan dengan membuat sejumlah transisi untuk setiap nilai temperatur. Temperatur merupakan parameter kunci yang mengontrol proses *annealing* dan menentukan berapa tingkat keacakan dari *state* energi.

Algoritma Metropolis ini juga dapat digunakan pada urutan-urutan konfigurasi (solusi) yang dibuat untuk sebuah masalah optimasi kombinatorial. Konfigurasi ini dipandang sebagai *state* dari zat padat, sedangkan fungsi biaya  $F$  dan parameter kontrol  $c$  sebagai energi  $E$  dan

temperatur  $T$ . Algoritma *Simulated Annealing* dapat dipandang sebagai urutan algoritma Metropolis yang dievaluasi pada serangkaian nilai-nilai parameter kontrol yang makin mengecil.

Dalam konteks optimasi, temperatur adalah parameter kontrol yang berkurang nilainya selama proses optimasi. Level energi sistem diwakili oleh nilai fungsi objektif. Skenario pendinginan dianalogikan dengan proses *searching* (pencarian) yang menggantikan satu *state* dengan *state* yang lain untuk memperbaiki nilai fungsi objektif.

## **2. Pemodelan dengan *Simulated Annealing***

Menurut Kirpatrick [13], ada empat hal utama yang perlu diperhatikan dalam penggunaan *Simulated Annealing* untuk memodelkan suatu permasalahan yaitu :

- a) Representasi yang akurat dari konfigurasi dalam suatu permasalahan
- b) Proses modifikasi, langkah acak atau perubahan apa yang harus dilakukan terhadap elemen-elemen konfigurasi untuk menghasilkan konfigurasi berikutnya.
- c) Fungsi evaluasi atau fungsi objektif yang dapat menyatakan baik buruknya suatu solusi terhadap permasalahan.
- d) Jadwal penurunan suhu dalam proses *annealing*, dan berapa lama proses ini harus dilakukan



### 3. Cara Kerja Algoritma Simulated Annealing

Diberikan suatu contoh masalah optmisi kombinatorial (S,F), dimana i adalah konfigurasi/solusi sekarang (*current state*) dengan fungsi cost F(i) dan j adalah konfigurasi berikutnya dengan fungsi cost F(j). Konfigurasi j diperoleh melalui sebuah mekanisme generate yang mewakili mekanisme acak dalam algoritma Metropolis, dan j akan diterima menggantikan i dengan suatu kriteria penerimaan yang mewakili kriteria Metropolis yang didefinisikan sebagai berikut :[12]

$$p(\Delta E) = e^{-k\Delta E/T} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.1)}$$

Fungsi probabilitas tersebut merepresentasikan distribusi Boltzmann dari energi dalam sistem termodinamika, sehingga didapat persamaan probabilitas dari level energi yang diberikan dalam sistem pada temperatur T. Pada fungsi tersebut, k adalah konstanta Boltzmann. Pada prakteknya, konstanta Boltzmann tersebut seringkali tidak digunakan pada algoritma *Simulated Annealing*. Dengan demikian, probabilitas terpilihnya *new state* yang lebih buruk daripada *current state* adalah :

$$p(\Delta E) = e^{-\Delta E/T} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.2)}$$

dimana,

$p(\Delta E)$  = probabilitas

$\Delta E$  = delta energi ( menyatakan fungsi biaya atau evaluasi)

T = temperatur saat ini dianalogikan sebagai iterasi

Pada rumus di atas terlihat bahwa jika temperatur  $T$  menurun, maka probabilitas untuk menerima *new state* yang lebih buruk dari *current state* juga menurun. Hal ini sama dengan apa yang terjadi pada *physical annealing*, dimana pergerakan temperatur menuju keadaan beku terjadi secara perlahan. Jika temperatur sama dengan 0, maka *new state* yang lebih buruk dari *current state* tidak akan terpilih. Delta energi (perbedaan fungsi energi antara *new state* dan *current state*) berbanding terbalik dengan besarnya probabilitas. Semakin besar perbedaan fungsi energi, semakin kecil probabilitasnya. Artinya, jika *new state* memiliki energi yang jauh lebih besar dibandingkan *current state*, maka probabilitas terpilihnya *new state* akan semakin kecil.

#### 4. Pseudocode Simulated Annealing

Berikut ini pseudocode dari Algoritma *Simulated Annealing*

```
SolusiSementara      = Pilih Suatu Solusi Awal (Random Initialization)
NilaiEvaluasiSementara = Evaluasi(SolusiSementara)
T                    = Suhu awal
WHILE (belum tercapai konvergensi yang diinginkan) :
    SolusiBaru      = Modifikasi(SolusiSementara)
    NilaiEvaluasiBaru = Evaluasi(SolusiBaru)
    IF ( SolusiBaru lebih baik ) :
        SolusiSementara = SolusiBaru
        NilaiEvaluasiSementara = NilaiEvaluasiBaru
    ELSE :
        Delta = SolusiBaru - SolusiSementara
        IF exp(-Delta/T) > Random(0 ..1) :
            SolusiSementara = SolusiBaru
            NilaiEvaluasiSementara = NilaiEvaluasiBaru
    T = 0.9*T // Turunkan temperatur sesuai jadwal tertentu
```

Berikut ini adalah pemetaan *Physical Annealing* ke *Simulated Annealing*[11].

Tabel 2.1 Pemetaan *physical annealing* ke dalam *simulated annealing*

Fisika ( Termodinamika)	Simulated Annealing
Keadaan Sistem	Solusi Yang Mungkin
Energi	Biaya
Perubahan Keadaan	Solusi Tetangga ( Nilai terdekat)

Temperatur	Parameter Kontrol ( Iterasi)
------------	------------------------------

Untuk suatu masalah yang diberikan, terdapat beberapa cara untuk mengukur kualitas solusi. Umumnya kualitas solusi diukur menggunakan fungsi biaya. Untuk menentukan fungsi biaya yang baik adalah :[11]

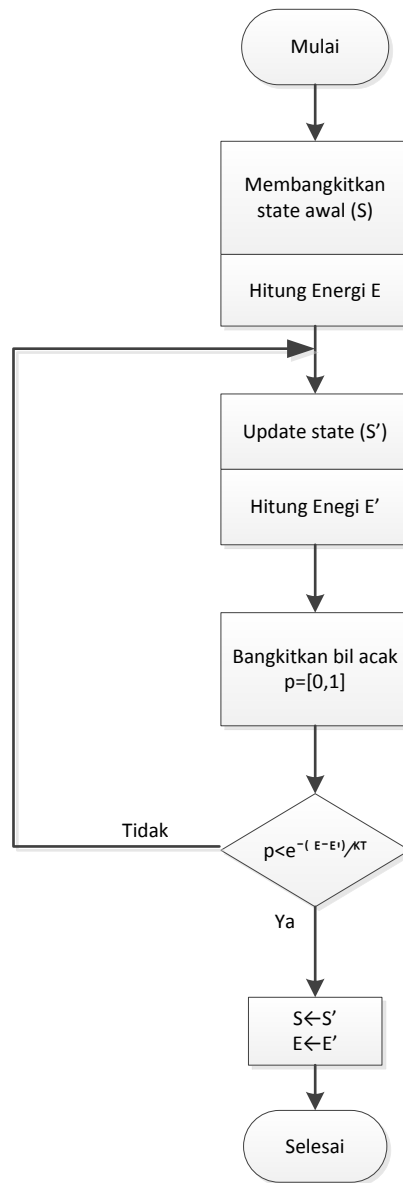
- a. Memastikan bahwa fungsi tersebut merepresentasikan masalah yang dihadapi *Simulated Annealing* . *Simulated Annealing* drancang untuk masalah minimasi, sehingga semakin kecil fungsi biaya dari suatu *state* berarti semakin baik kualitas *state* tersebut. Untuk masalah maksimasi, harus menggunakan fungsi biaya yang sesuai.
- b. Fungsi biaya sebaiknya memiliki kompleksitas komputasi yang serendah mungkin karena fungsi tersebut umumnya harus dihitung pada setiap iterasi. Untuk menekan kompleksitas perhitungan fungsi biaya, bisa menggunakan satu dari dua cara berikut :
  - 1) *Delta Evaluation* : fungsi biaya dihitung hanya ketika terdapat perbedaan *state* saat ini (*current state*) dengan *state* tetangga (*neighbourhood states*)
  - 2) *Partial Evaluation* : menggunakan fungsi biaya estimasi sehingga keluarannya hanya berupa nilai-nilai perkiraan (bukan nilai sebenarnya), tetapi estimasi tersebut memberikan indikasi yang memadai untuk menentukan kualitas solusi

c. Fungsi biaya sebaiknya dirancang sedemikian rupa sehingga fungsi tersebut dapat memandu proses pencarian. Hindari fungsi biaya yang menghasilkan nilai sama . Tentu saja pencarian sangat sulit dilakukan karena tidak ada pengetahuan yang tepat tentang situasi seperti ini.

Banyak fungsi biaya yang bisa menentukan validitas suatu solusi menggunakan batasan-batasan tertentu. Terdapat dua jenis batasan yang sering digunakan, yaitu :

- 1) *Hard Constraints* : batasan-batasan yang harus terpenuhi, tidak boleh dilanggar.
- 2) *Soft Constraints* : batasan-batasan yang sebaiknya tidak dilanggar, namun jika karena alasan tertentu dan tidak dapat dihindari, maka batasan tersebut dapat dilanggar.

Adapun *flowchart* umum dari *Simulated Annealing*, seperti terlihat pada Gambar 2.4 di bawah ini [5].



Gambar 2.4 Flowchart Simulated Annealing

Penjelasan dari flowchart :

- 1) Diberikan nilai temperatur dari T, proses dilakukan berulang-ulang dengan iterasi maksimal adalah N iterasi.
- 2) Membangkitkan state awal S. State awal diperoleh dengan membangkitkan bilangan acak. Pada pembangkitan state ini harus dijamin syarat-syarat bahwa setiap titik harus ada dan tidak boleh ada yang sama.
- 3) Menghitung energi dari state awal E
- 4) Update state S' dari state awal dengan :
  - a. Langkah pertama memilih dua bilangan  $r_1$  dan  $r_2$  secara acak dengan nilai  $[1, N]$ .
  - b. Langkah ke dua adalah membalik nilai state, artinya untuk nilai state posisi  $r_1$  sampai posisi  $r_2$  dibalik.

Misalkan state awal adalah 1 4 2 3 6 5 7, terpilih  $r_1 = 3$  dan  $r_2 = 5$ ,

maka :

1 4 2 3 6 5 7     state sebelum update

1 4 6 3 2 5 7     state setelah update

- 5) Menghitung energi dari state setelah di update
- 6) Membangkitkan bilangan p secara acak  $[0, 1]$
- 7) Persamaan untuk state yang diterima :

$$p = \exp\left(-\frac{\Delta E}{KT}\right)$$

dimana :

p adalah probabilitas penerimaan perubahan fungsi suhu

$\Delta E$  adalah selisih energi saat ini dan energi sebelumnya, yaitu

$$\Delta E = E - E'$$

K adalah konstanta Boltzman

T adalah analogi dari temperatur (suhu) yang digunakan sebagai fungsi kontrol.

- 8) Proses kembali ke langkah 4 diulangi sampai iterasi mencapai jumlah maksimal.

#### **D. Tinjauan Hasil Penelitian Terkait**

**“Optimasi Pada Travelling Salesman Problem (TSP) dengan Pendekatan Simulasi Annealing”** Jose Rizal, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Indonesia., Jurnal Gradien Vol.3 No. 2 Juli 2007 : 286 - 290

Tulisan ini membahas salah satu penerapan dari simulasi bersyarat (*conditional simulation*) yaitu Simulasi Annealing dalam mencari rute terpendek (optimasi) dari permasalahan *Traveling Salesman Problem* (TSP). Dalam aplikasi Simulasi Annealing pada TSP, terdapat proses pertukaran rute-rute perjalanan guna mendapatkan rute perjalanan yang menghasilkan total jarak perjalanan keseluruhan yang minimum. Algoritma Metropolis-Hasting digunakan sebagai kriteria pengujian diterima atau tidaknya pertukaran rute perjalanan dari dua titik. Sebagai studi kasus,



diberikan suatu contoh permasalahan TSP dimana untuk menjalankan algoritma Simulasi Annealing menggunakan bantuan Software Matlab.

Hasil penelitian ini dapat menunjukkan rute dengan titik lokasi dan banyaknya iterasi yang dilakukan untuk mendapatkan rute yang terpendek.

Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak menunjukkan hasil dari pengujian diterima atau tidaknya rute dengan menggunakan algoritma Metropolis-Hasting.

**“ Penjadualan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma *Simulated Annealing*”** Susanto, Tesis, Program Studi Teknik Informatika Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar, 2011.

Penelitian ini bertujuan melakukan penjadualan mata kuliah dengan menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* (SA). Memperoleh kombinasi terbaik untuk pasangan mata kuliah dan dosen pengajar secara keseluruhan. Pemanfaatan ruangan dan waktu yang tersedia secara optimal untuk seluruh mata kuliah yang ada pada semester yang sudah dijadualkan. Selain itu juga dapat mengurangi jumlah pelanggaran batasan sehingga solusi jadwal yang dihasilkan dapat mengurangi jumlah dosen yang mengajar pada jam yang sama dan juga dapat mengurangi jumlah kelas mahasiswa yang melaksanakan perkuliahan pada jam yang sama.

Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak adanya penjelasan yang mendetail tentang hasil yang belum dioptimasi dengan hasil yang sudah dioptimasi.

**“Penerapan Algoritma Simulated Annealing Pada Penjadwalan Distribusi Produk”** Eri Wirdianto, Jonrinaldi, Betris Surya, Jurnal Optimasi Sistem Industri, Vol 7 No. 1, Oktober 2007 : 7 – 20, Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

Jurnal ini menjelaskan penentuan rute distribusi produk dengan menggunakan algoritma *Simulated Annealing* dengan bahasa pemrograman Java dihasilkan rute kendaraan efisien yang dapat meminimasi ongkos distribusi.

Kekurangan dari penelitian ini adalah hanya satu faktor yang diperhatikan adalah ketepatan waktu pengiriman.

**“An Advanced Traveler Information System With Emerging Network Technologies”** Chun-Hsin Wu, Da-Chun Su, Justin Chang, Chia-Chan Wei, Jan-Ming Ho, Kwei-Jay Lin and D.T. Lee, Institute of Information Science Academia Sinica, Nankang Taipei, Taiwan dan Dept. Of Electrical and Computer Engineering, University of California Irvine, CA, USA.

Dalam jurnal ini disajikan sebuah sistem transportasi cerdas yang menggunakan layanan infrastruktur Web Service ( ITWS).

Hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi real time lalu lintas, perencanaan maupun referensi perjalanan melalui ponsel atau pengguna internet mobile.

Kekurangan dari penelitian ini adalah hanya sebagai informasi tentang keadaan lalu lintas di jalan raya agar para wisatawan terhindar dari kemacetan dan tidak memberikan solusi jika sudah terjebak kemacetan.

**“Sistem Rute Penerbangan Berbasis *Internet Agent Service (IAS)*”**

Rini Nur, Tesis, Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar, 2009.

Sistem yang dibangun berdasarkan arsitektur *multi-tier* dengan pendekatan konsep agen yang terdiri dari *connectivity agent* dan *search agent*. *Connectivity agent* menggabungkan teknologi database dan web yaitu ODBC dan AJAX untuk mengintegrasikan informasi penerbangan. Search agent melakukan komputasi rute terbaik dengan Metode Graph dan Algoritma Floyd-Warshall. Penentuan rute terbaik dari kota Makassar (UPG) ke Medan (MES) dengan enam maskapai penerbangan.

Hasilnya dari penelitian ini adalah menginformasikan harga tiket yang murah dan waktu penerbangan paling singkat (termasuk transit) yaitu penerbangan melalui Jakarta (CGK) dengan 2 (dua) airline yang berbeda.

Kekurangan dari hasil penelitian ini adalah tidak mencantumkan tanggal dan jam keberangkatan. Dan algoritma yang digunakan tidak efektif untuk

kasus yang sama dengan daerah objek penelitian yang lebih kompleks karena perhitungannya masih perhitungan matematis sederhana.

**“Optimalisasi Penggunaan Angkutan Umum Dengan Sistem Informasi Rute Transportasi Umum (SITRUM)”**, Ade Kurniawati, Ardi, Yasmin Khairina, Jurnal UI Untuk Bangsa Seri Kesehatan, Sains dan Teknologi, Volume 1, Desember 2010.

Jurnal ini membahas bagaimana mengurangi kemacetan di kota Jakarta dengan mengoptimalkan penggunaan angkutan umum. Karena salah satu faktor penyebab kemacetan di kota Jakarta adalah jumlah kendaraan yang beroperasi di jalan terlalu banyak, khususnya kendaraan pribadi. Apabila masyarakat memilih menggunakan transportasi umum daripada kendaraan pribadi, tentu lalu lintas akan lebih lancar dan mengurangi kemacetan. Untuk itu dirancang sebuah perangkat lunak dengan menggunakan algoritma *Depth First Search* (DFS).

Keuntungan dari hasil penelitian ini adalah kemudahan SITRUM yang dapat diakses dengan menggunakan dua buah antarmuka yaitu :

- a. SITRUM *Mobile Application* yang dapat diakses dengan menggunakan ponsel
- b. SITRUM *Website* yang dapat diakses melalui sebuah server komputer.

Kekurangan dari hasil penelitian ini adalah dari segi desain program , algoritma telah berjalan dengan benar. Namun algoritma yang digunakan

kurang efisien karena program harus melakukan pencarian seluruh rute sampai buntu kemudian melanjutkan ke rute selanjutnya.

**“Pemanfaatan Metode Adjacency Matrix Untuk Optimasi Rute Jalan Berbasis Web”**, Deni Ramdan, Galih Hermawan, Jurnal Komputer dan Informatika (KOMPUTA) Edisi I Volume 1, Maret 2012, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia, Bandung

Jurnal ini membahas tentang web data rute jalan kendaraan umum yang berisi tentang informasi jarak yang terpendek, beberapa alternatif rute yang akan dilalui dengan nomor kendaraan serta biaya yang termurah.

Kegunaan dari hasil penelitian ini adalah sangat bermanfaat bagi pengguna jalan yang akan menuju suatu ke tempat tujuan dan bisa memilih alternatif kendaraan umum dan rute yang akan dilalui serta biaya yang termurah.

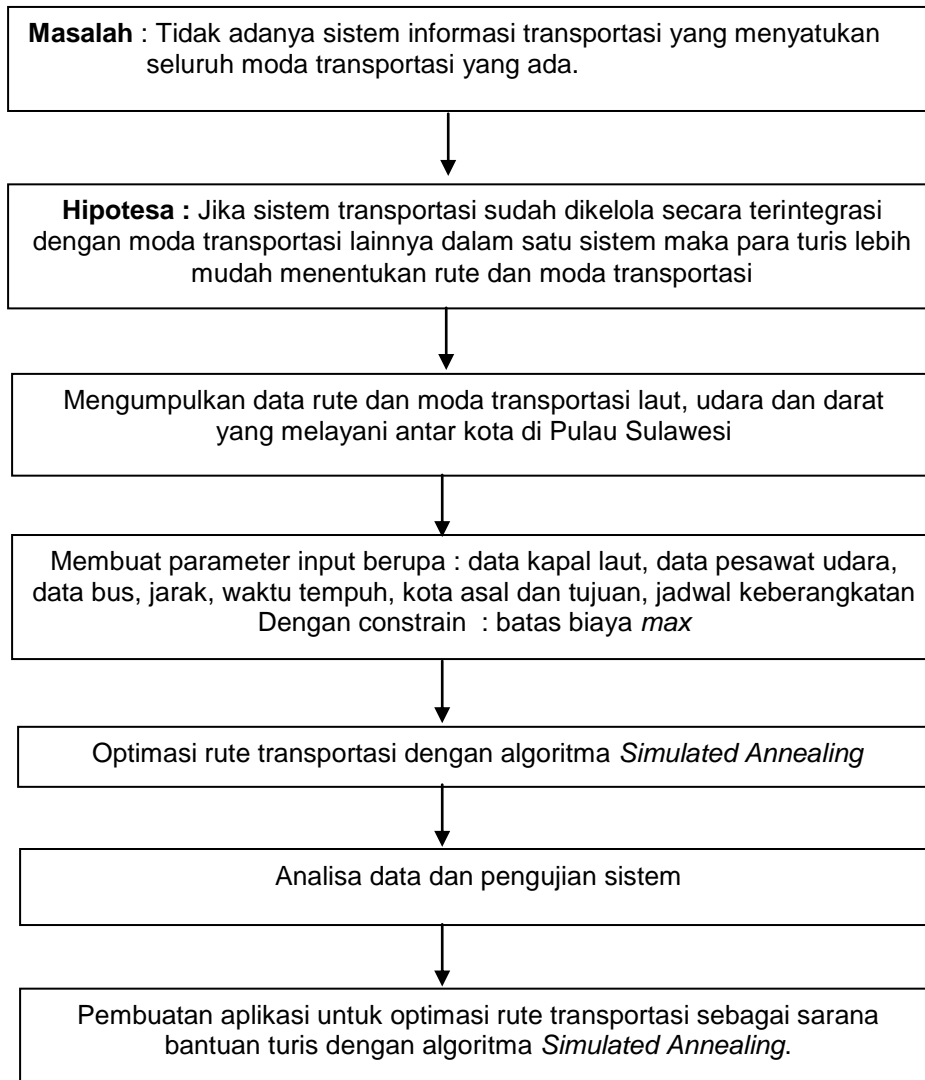
Kekurangan dari hasil penelitian ini adalah tidak adanya informasi tentang jam mulai dan berakhirnya kendaraan beroperasi serta waktu tempuh.

**“Aplikasi Desktop Pencarian Rute Jalan Dengan Algoritma Simulated Annealing”**, Andi Wahyu Rahardjo Emanuel, Allen F. Aritonang, Jurnal Informatika, Vol 4, No.2, Desember 2008: 93 – 103, Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.

Kendala yang dimiliki oleh peta konvensional adalah tidak dapat diperbaharui dalam waktu singkat dan memiliki waktu kadaluarsa. Hal ini mengakibatkan pengguna peta tidak dapat mengetahui hal-hal seperti perubahan nama wilayah, perubahan nama kota, penambahan wilayah-wilayah baru secara *real-time*. Kendala lainnya adalah untuk mencari jalur terpendek dari kota asal ke kota tujuan pada peta masih menggunakan cara manual, yaitu dengan memperhitungkan skala pada peta. Cara ini tentu saja merepotkan, jika efisiensi waktu menjadi tuntutan pengguna peta.

Kegunaan dari hasil penelitian ini adalah dengan mengintegrasikan algoritma *Simulated Annealing* dan sistem informasi geografis ke dalam aplikasi peta, maka kendala-kendala pada peta konvensional dapat diatasi. Sedangkan kelemahan dari hasil penelitian ini adalah hasil pencarian rute yang dihasilkan memiliki hasil yang bervariasi, hal ini membuat rute terpendek yang diharapkan tidak konsisten.

## E. Kerangka Pikir



Gambar 2.5 Kerangka Pikir