

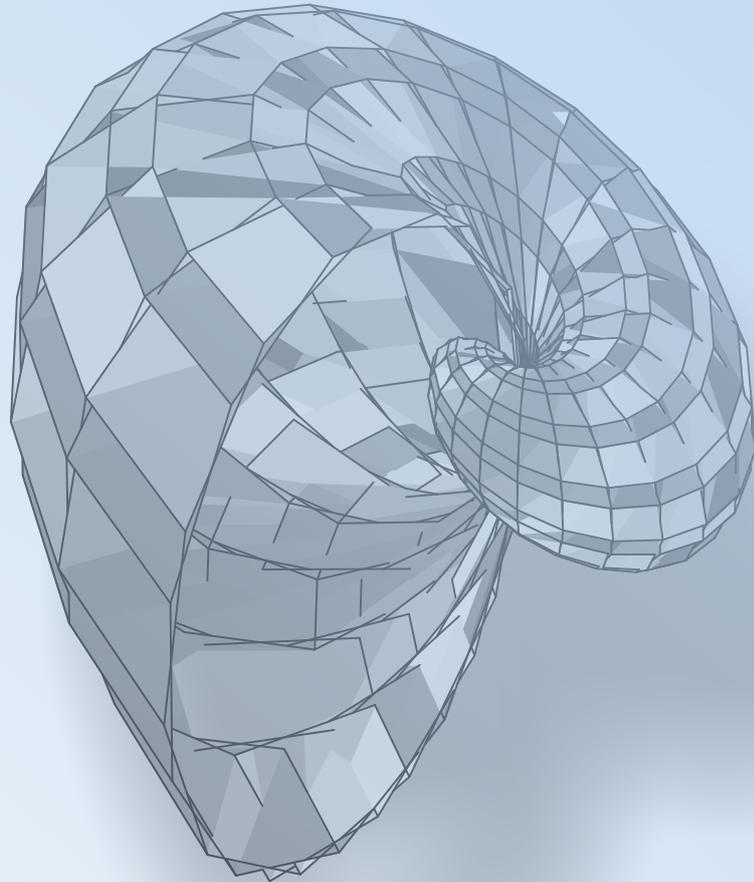
PROSIDING



Seminar Nasional MATEMATIKA

VOL. 13 TH. 2018

ISSN 1907-3909



UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCE
Jalan Ciumbuleuit 94, Bandung 40141, Indonesia

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	...i
Daftar Isi	...iii-iv
KONVERS TEOREMA RADEMACHER UNTUK FUNGSI LIPSCHITZ DARI REAL KE REAL <i>Garry Ariel dan Ch. Rini Indrati – Universitas Gadjah Mada</i>	...1-6
PROSES BERPIKIR MAHASISWA DALAM MEMECAHKAN MASALAH FUNGSI TRIGONOMETRI BERDASARKAN LANGKAH POLYA DITINJAU DARI KEMAMPUAN MATEMATIKA <i>Yohanes Ovaritus Jagom – Universitas Katolik Widya Mandira Kupang</i>	...7-11
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MAHASISWA DALAM PEMECAHAN MASALAH MATEMATIKA PADA MATERI TRIGONOMETRI <i>Meryani Lakapu – Universitas Katolik Widya Mandira Kupang</i>	...12-18
MODEL KEMISKINAN PADA LEVEL DESA DI PROVINSI BENGKULU MENGGUNAKAN REGRESI PENALIZED SPLINE <i>Idhia Sriliana, Ulfasari Rafflesia, dan Etis Sunandi – Universitas Bengkulu</i>	...19-25
KARAKTERISTIK MATRIKS DALAM NEAR-MATRIKS RING PADA PEMBENTUKAN INTEGRAL-NEAR RING <i>Zulfia Memi Mayasari – Universitas Bengkulu</i>	...26-30
PEMETAAN NILAI-NILAI DEPENDENSI PADA ANALISIS KORESPONDENSI MENGGUNAKAN TUCKER2 <i>Karunia Eka Lestari dan Sapto Wahyu Indratno – Institut Teknologi Bandung</i>	...31-37
KESTABILAN PARSIAL UNTUK SISTEM KONTROL LINEAR <i>Firman – Universitas Hasanuddin</i>	...38-42
SCAFFOLDING UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN LOGARITMA SISWA DITINJAU DARI TEORI APOS <i>Wilfridus Beda Nuba Dosinaeng – Universitas Widya Mandira Kupang</i>	...43-50
ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK DENGAN BAGAN KENDALI LANNEY p PADA PRODUKSI AIR MINUM <i>Irmina Veronika Uskono dan Yohanes Ovaritus Jagom – Universitas Katolik Widya Mandira</i>	...51-54

<p>OPTIMALISASI PARAMETER HOLT-WINTER EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD (Studi Kasus Peningkatan Kendaraan Bermotor Yang Memasuki Wilayah DIY) <i>Endang Wahyuni dan Sugiyarto – Universitas Ahmad Dahlan</i></p>	...55-62
<p>PENERAPAN ALGORITMA SIMULATED ANNEALING UNTUK MENYELESAIKAN ASYMMETRIC TRAVELLING SALESMAN PROBLEM <i>Citra Nur Alpianty dan J. Dharma Lesmono – Universitas Katolik Parahyangan</i></p>	...63-69
<p>PENERAPAN STATISTICAL ARBITRAGE UNTUK MELAKUKAN PAIRS TRADING DI INDONESIA <i>Jessica Sutanto, Helena Margaretha, dan Dina Stefani – Universitas Pelita Harapan</i></p>	...70-77
<p>MODEL ANTRIAN G/G/1 DAN APLIKASINYA PADA ANTRIAN KEDATANGAN PENERBANGAN DI LANDASAN PACU BANDARA <i>Christophorus I. S. dan J. Dharma Lesmono – Universitas Katolik Parahyangan</i></p>	...78-85
<p>STUDI KASUS PULANG POKOK TERHADAP WIRAUSAHA YANG TERKAIT TRUK DAN PICKUP DENGAN MENGGUNAKAN METODE BAGI DUA (BISECTION) <i>Retna Widyaningsih, Jeverson Peri Maran, Philomena Theresia, dan Nggowa Dapa – Universitas Sanata Dharma Yogyakarta</i></p>	...86-93
<p>UPAYA MENINGKATKAN KEMAMPUAN MATEMATIKA SISWA SEKOLAH DASAR MELALUI PEMBERDAYAAN IBU <i>Iwan Sugiarto – Universitas Katolik Parahyangan</i></p>	...94-98
<p>PENGUNAAN FUNGSI OBJEKTIF TUKEY BISQUARE DALAM MENGATASI KEBERADAAN DATA EXTREME OUTLIER DENGAN METODE ROBUST MM <i>Georgina Maria Tinungki – Universitas Hasanuddin Makassar</i></p>	...99-106
<p>ANALISIS RISIKO RELATIF PENYAKIT DENGUE DI KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN MODEL NON-SPASIAL DAN SPASIAL <i>Grace Ivana, Farah Kristiani, dan Benny Yong – Universitas Katolik Parahyangan</i></p>	...107-114

PENERAPAN ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING* UNTUK MENYELESAIKAN *ASYMMETRIC TRAVELLING SALESMAN PROBLEM*

Citra Nur Alpianty¹ dan J. Dharma Lesmono²

^{1,2}Jurusan Matematika, Universitas Katolik Parahyangan
email : ¹citraalpian@gmail.com, ²jdharma@unpar.ac.id

Abstrak. *Travelling Salesman Problem* (TSP) merupakan suatu permasalahan pencarian jarak terpendek ketika seorang salesman mengunjungi sejumlah n kota, dengan syarat setiap kota dikunjungi tepat satu kali dan kemudian kembali ke kota awal. Secara umum, TSP dibagi menjadi dua jenis yaitu TSP simetris dan TSP asimetris. Pada TSP simetris jarak antara kota i ke kota j sama dengan jarak kota j ke kota i . Sedangkan pada TSP asimetris jarak antara kota i ke kota j belum tentu sama dengan jarak antara kota j ke kota i . Untuk menyelesaikan dan menemukan solusi dari permasalahan tersebut digunakan suatu metode yaitu metode Metaheuristik. Salah satu metode Metaheuristik yang dapat digunakan adalah Algoritma *Simulated Annealing*. Metode ini terinspirasi dari proses pendinginan cairan logam yang berubah menjadi padat. Prinsip kerjanya yaitu pada saat temperatur tinggi partikel cairan logam mempunyai tingkat energi yang tinggi sehingga relatif mudah bergerak terhadap partikel lainnya. Kemudian pada saat temperatur diturunkan partikel tersebut secara perlahan mengatur dirinya untuk membentuk sebuah konfigurasi sehingga diperoleh suatu keadaan stabil dengan tingkat energi minimum. Energi yang minimum ini merupakan jarak terpendek apabila dikaitkan dalam permasalahan TSP. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* pada permasalahan TSP asimetris diperoleh hasil bahwa parameter T (parameter kontrol) dan parameter r (faktor pengendali parameter kontrol) memiliki pengaruh pada solusi yang dihasilkan.

Kata kunci : *Simulated Annealing, Travelling Salesman Problem, jarak terpendek, graf*

1. PENDAHULUAN

Berbelanja *online* merupakan hal yang tidak asing lagi bagi masyarakat sekarang. Hal ini telah menginspirasi berdirinya berbagai usaha ekspedisi untuk memberikan jasa pengantaran. Salah satu permasalahan dalam usaha ekspedisi adalah kurir perusahaan ekspedisi seringkali mengalami kesulitan untuk menentukan rute terpendek dalam pengantaran barang. Hal tersebut dikarenakan kurir tidak mengenal dengan baik alamat yang dituju sehingga tidak dapat memperhitungkan jarak alamat tersebut dan terkadang melewati titik yang sama berulang kali sehingga rute yang dilewati tidak efisien. Oleh karena itu, penting bagi kurir untuk menentukan rute yang efisien dalam pengantaran barang ke alamat tujuan. Masalah seperti ini dikenal dengan *Travelling Salesman Problem* (TSP). Inti dari TSP yaitu dalam melakukan satu kali perjalanan seorang salesman diharuskan mengunjungi beberapa tempat tujuan dan kembali ke tempat awal keberangkatan. Biasanya permasalahan TSP yang ditemui berbentuk data simetris. Data simetris adalah data dengan jarak perjalanan dari kota A menuju kota B sama dengan jarak perjalanan dari kota B menuju kota A [1]. Dalam paper ini akan dibahas TSP dengan data asimetris, yaitu data dengan jarak dari kota A ke kota B yang belum tentu sama dengan jarak dari kota B ke kota A.

TSP dapat diselesaikan dengan metode optimasi dan metode pendekatan. TSP dapat diselesaikan dengan metode optimasi karena memenuhi beberapa kriteria, yaitu memiliki fungsi tujuan dan kendala. Selain metode optimasi, metode lain yang digunakan adalah metode

pendekatan. Metode pendekatan dibagi menjadi dua, yaitu metode Heuristik dan metode Metaheuristik. Ada banyak metode Metaheuristik, namun yang digunakan pada makalah ini adalah Algoritma *Simulated Annealing*.

Algoritma *Simulated Annealing* dikembangkan dari analogi pada proses fisika yaitu tentang proses pendinginan cairan logam hingga akhirnya membentuk kristal atau partikel padat yang stabil. Tingkat energi yang minimum merupakan jarak optimal jika dianalogikan ke permasalahan TSP.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. TRAVELLING SALESMAN PROBLEM

Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan sebuah permasalahan mencari rute terpendek (lintasan tertutup), dimana sebanyak n kota harus dikunjungi tepat satu kali sebelum kembali ke kota awal [2]. Tujuannya adalah memilih lintasan tertutup yang total jaraknya paling minimum dari semua kemungkinan lintasan. Solusi dari masalah TSP memiliki solusi berupa sebuah *tour*, apabila solusi dari masalah tersebut merupakan *sub-tour* maka solusi tersebut belum diperoleh. Jumlah rute yang mungkin dilewati oleh seorang salesman adalah $(n - 1)!$ karena *salesman* pergi dan kembali ke kota yang sama, dimana n merupakan banyak kota. Sebagai permasalahan optimasi, TSP memiliki fungsi tujuan dan kendala. Fungsi tujuan dan kendalanya adalah sebagai berikut:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}, \text{ dengan } d_{ij} = \infty \text{ untuk semua } i = j$$

dengan kendala:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n x_{ij} &= 1, j = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} &= 1, i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{apabila ada perjalanan } \textit{salesman} \text{ dari kota } i \text{ ke kota } j \\ 0, & \text{lainnya;} \end{cases}$$

d_{ij} merupakan jarak dari kota i ke kota j . Jika $d_{ij} = d_{ji}$ maka TSP tersebut simetris, sedangkan apabila $d_{ij} \neq d_{ji}$ maka TSP tersebut asimetris. Nilai $d_{ij} = \infty$ menyatakan bahwa tidak ada jalur dari kota i ke kota j . Kendala di atas bernilai 1 menyatakan bahwa hanya ada satu perjalanan dari kota i ke kota j .

2.2. METODE PENCARIAN SOLUSI

Secara umum, pencarian rute terpendek dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode optimasi dan metode pendekatan. Metode pendekatan dibagi menjadi dua, yaitu metode Heuristik dan metode Metaheuristik. Perbedaan metode optimasi dan metode pendekatan adalah solusi yang diperoleh. Metode optimasi akan menghasilkan solusi yang optimal sedangkan metode pendekatan akan menghasilkan solusi yang baik.

Metode pendekatan dibagi menjadi dua, yaitu metode Heuristik dan metode Metaheuristik. Metode Heuristik merupakan suatu metode penyelesaian yang mengutamakan kesederhanaan dalam penyelesaiannya untuk memperoleh solusi yang baik [2]. Diantaranya yang termasuk dalam metode Heuristik adalah metode *Nearest Neighbourhood* dan *Sub-Tour Reversal*. Sedangkan, metode Metaheuristik merupakan metode yang berusaha meningkatkan solusi yang diperoleh dari metode Heuristik dengan cara menghindari *bad local optima* [2]. Metode Metaheuristik merupakan metode penyelesaian yang bersifat *problem independent* artinya

metode ini dapat digunakan untuk berbagai jenis permasalahan. Salah satu metode yang termasuk dalam metode Metaheuristik adalah Algoritma *Simulated Annealing*.

2.2.1. METODE NEAREST NEIGHBOURHOOD

Metode *Nearest Neighbourhood* merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan TSP dengan memanfaatkan jarak ketetanggaan terdekat untuk mencari jarak terpendek. Solusi bagi permasalahan TSP dari metode *Nearest Neighbourhood* biasanya akan langsung menghasilkan sebuah *tour*.

2.2.2. METODE SUB-TOUR REVERSAL

Metode *Sub-Tour Reversal* merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan TSP dengan melakukan pembalikan (*reverse*) sebanyak $n - 1$ kali, dimana n adalah jumlah kota. Sesuai dengan definisi dari metode *Sub-Tour Reversal*, pembalikan *subtour* kota harus sesuai dengan urutan rute, dengan kata lain tidak boleh melakukan pembalikan secara acak. Misalkan, ada sebuah rute 1-2-3-4-5-1. Dengan melakukan *reverse* pada *subtour* 2-3-4 akan menghasilkan rute baru 1-4-3-2-5-1. Perhatikan bahwa, melakukan *reverse* pada *subtour* 2-4 tidak diperbolehkan. Langkah-langkah dari metode *Sub-Tour Reversal* diawali dengan menentukan rute awal menggunakan metode *Nearest Neighbourhood*. Kemudian dilakukan pembalikan *subtour* 2-kota, kemudian *subtour* 3-kota dan berlanjut hingga mencapai *subtour* $n - 1$ kota. Banyak kemungkinan rute tiap kali melakukan *reverse* adalah $n - k$, dimana n merupakan banyak kota dan k merupakan jumlah kota pada *subtour*.

3. ALGORITMA SIMULATED ANNEALING

Penyelesaian suatu permasalahan optimasi dengan menggunakan *Simulated Annealing* terinspirasi dari proses fisika yaitu pendinginan bahan logam yang disebut *annealing*. Proses *annealing* dapat didefinisikan sebagai penurunan temperatur secara perlahan pada suatu benda yang sebelumnya sudah dipanaskan sampai keadaan dimana benda tersebut mencapai *freezing point* atau dengan kata lain benda mencapai titik beku. Prinsip kerjanya yaitu pada temperatur yang tinggi partikel-partikel cairan mempunyai tingkat energi yang tinggi sehingga relatif mudah bergerak terhadap partikel lainnya, kemudian saat temperatur diturunkan partikel-partikel akan menyusun dirinya untuk mencari susunan yang stabil dengan tingkat energi yang minimum [3]. Berikut adalah tabel dari analogi antara proses *annealing* pada proses pendinginan logam dan *annealing* pada permasalahan optimasi.

Tabel 1. Analogi Proses *Annealing*

Fisika	Optimasi
Keadaan sistem	Solusi awal
Energi	Jarak
Perubahan Keadaan	Solusi sementara
Temperatur	Parameter kontrol
Keadaan beku	Solusi optimal

Metode *Simulated Annealing* pada masalah optimasi berjalan berdasarkan analogi dengan proses *annealing* yang telah dijelaskan di atas. Pada awal proses simulasi, dipilih suatu solusi awal yang mempresentasikan keadaan awal suatu partikel sebelum proses dimulai. Pada saat temperatur diatur tinggi, solusi awal yang sudah ada diberi kesempatan untuk memodifikasi 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, maka solusi hasil modifikasi inilah yang akan digunakan sebagai solusi selanjutnya. Namun, apabila nilai fungsi evaluasi hasil modifikasi ini memburuk pada saat temperatur *annealing* masih tinggi, solusi yang lebih buruk ini masih mungkin diterima apabila memenuhi syarat khusus yang dinamakan *Boltzman Condition*. Kondisi tersebut menentukan peluang diterimanya solusi yang lebih buruk dengan peluang sebagai berikut:

$$p = e^{-\frac{\Delta E}{T}}$$

Kemudian nilai tersebut akan dibandingkan dengan sebuah bilangan random R antara 0 dan 1. Apabila $R < p$ maka hasil yang lebih buruk akan tetap diterima. Namun, apabila $R > p$, maka hasil yang lebih buruk itu akan diabaikan. Dalam tahap selanjutnya, saat temperatur sedikit demi sedikit turun maka kemungkinan untuk menerima solusi yang lebih buruk semakin berkurang. Sehingga kebebasan untuk memodifikasi solusi semakin menyempit, sampai akhirnya diperoleh solusi yang mendekati solusi optimal.

3.1. RANCANGAN ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING*

Berikut ini adalah algoritma *Simulated Annealing* pada TSP:

1. Menentukan rute awal dengan menggunakan metode *Nearest Neighbourhood*.
2. Menentukan parameter faktor pengendali parameter kontrol (r) dan parameter kontrol awal (T_0) yang akan digunakan untuk penjadwalan penurunan parameter kontrol.
3. Menjalankan iterasi dengan menggunakan metode *Sub-Tour Reversal*.
4. Melakukan evaluasi terhadap rute baru. Apabila panjang rute baru lebih kecil dari panjang rute awal, maka tetapkan rute baru sebagai rute awal.
5. Apabila panjang rute baru lebih besar dari panjang rute awal maka dibangkitkan sebuah bilangan acak R pada interval $(0,1)$ dan hitung peluang p dimana

$$p = e^{-\frac{L_c - L_n}{T}}$$

dengan:

R = bilangan acak di dalam interval $(0,1)$

L_c = panjang tour sekarang

L_n = panjang tour baru

T = parameter kontrol

lalu lakukan uji kriteria:

a. Jika $R < p$ maka rute diterima, tetapkan rute baru sebagai rute sekarang.

b. Jika $R > p$ maka rute baru tersebut diabaikan.

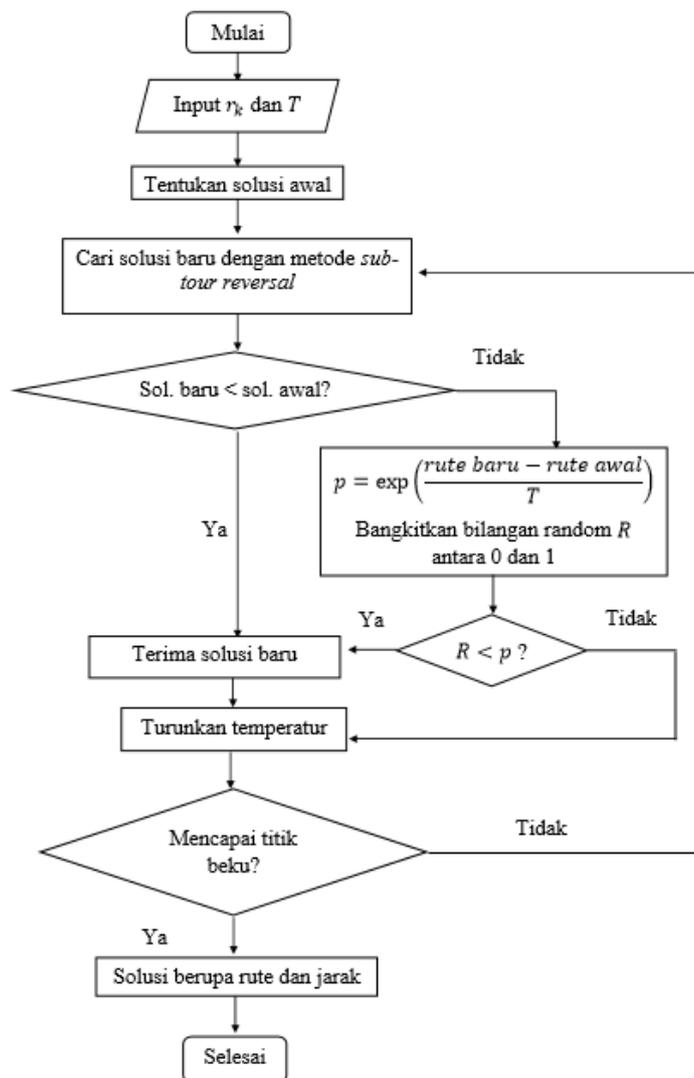
6. *Cooling schedule*. Masuk ke tahap penjadwalan penurunan T , fungsi yang umum digunakan pada penjadwalan parameter kontrol adalah

$$T_k = r \cdot T_{k-1}, 0 < r < 1, k = 1, 2, \dots$$

dengan r adalah konstanta untuk menurunkan parameter kontrol.

7. Iterasi berhenti apabila telah memasuki batas minimum T .

Berdasarkan algoritma di atas maka dapat dibuat diagram alir Algoritma *Simulated Annealing* sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Algoritma *Simulated Annealing*

3.2. HASIL dan PEMBAHASAN

3.2.1. ANALISIS TSP ASIMETRIS 34 KOTA

Pada bagian ini akan di terapkan algoritma *Simulated Annealing* untuk permasalahan TSP asimetris 34 kota. Data yang digunakan diperoleh dari TSPLIB [4]. Dengan menggunakan nilai parameter $r = 0,5$ dan $T = 50$, serta kota awal 1 diperoleh rute permasalahan TSP asimetris 34 kota adalah 1 - 14 - 13 - 12 - 32 - 19 - 20 - 18 - 9 - 11 - 10 - 33 - 8 - 5 - 7 - 6 - 31 - 34 - 3 - 4 - 2 - 25 - 24 - 22 - 21 - 23 - 27 - 28 - 29 - 30 - 26 - 16 - 15 - 17 - 1 dengan jarak 1.420. Solusi tersebut diperoleh dengan jumlah iterasi 13 kali.

Selanjutnya akan dilakukan analisis sensitivitas parameter untuk mengetahui pengaruh dari parameter yang digunakan terhadap solusi yang diperoleh pada Algoritma *Simulated Annealing*. Terdapat dua parameter yang digunakan yaitu r (faktor pengendali parameter kontrol) dan T (parameter kontrol).

Tabel 2. Nilai r berubah, $T = 50$

Percobaan ke-	Nilai r	Jumlah iterasi	Panjang rute
1	0,25	7	1.420
2	0,5	13	1.420
3	0,75	30	1.420
4	0,95	167	1.420

Tabel 3. Nilai T berubah, $r = 0,75$

Percobaan ke-	Nilai T	Jumlah Iterasi	Panjang rute
1	25	28	1.420
2	75	32	1.420
3	150	34	1.420
4	200	36	1.420

Pada Tabel 2 terlihat bahwa semakin tinggi nilai r maka semakin banyak jumlah iterasi. Hal ini disebabkan karena nilai r yang semakin tinggi menyebabkan nilai T turun secara perlahan sehingga berdampak pada nilai peluang p . Apabila nilai T semakin tinggi maka nilai p semakin besar sehingga memungkinkan suatu iterasi menerima solusi yang lebih buruk dari solusi awal. Hal ini berarti untuk permasalahan TSP 34 kota parameter r memiliki pengaruh yang cukup signifikan. Sedangkan pada Tabel 3 nilai T yang berbeda menghasilkan jumlah iterasi yang berbeda. Namun, jika parameter r dan T dibandingkan terhadap jumlah iterasi maka parameter r memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap solusi yang dihasilkan.

3.2.2. ANALISIS TSP ASIMETRIS 100 KOTA

Pada bagian ini akan di terapkan algoritma *Simulated Annealing* untuk permasalahan TSP asimetris 100 kota. Data yang digunakan diperoleh dari TSPLIB [4]. Dengan menggunakan nilai parameter $r = 0,5$ dan $T = 50$, serta kota awal adalah kota 1. Dengan menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* dan bantuan program MATLAB diperoleh rute permasalahan TSP asimetris 100 kota adalah 1 - 34 - 29 - 13 - 76 - 33 - 95 - 82 - 54 - 40 - 64 - 2 - 44 - 81 - 25 - 69 - 50 - 73 - 85 - 68 - 39 - 78 - 96 - 37 - 5 - 52 - 30 - 48 - 41 - 100 - 71 - 14 - 43 - 3 - 46 - 35 - 62 - 60 - 17 - 99 - 94 - 70 - 65 - 26 - 66 - 4 - 49 - 90 - 84 - 10 - 72 - 47 - 93 - 67 - 28 - 58 - 61 - 87 - 51 - 9 - 12 - 7 - 57 - 83 - 55 - 27 - 20 - 86 - 77 - 98 - 91 - 23 - 45 - 32 - 15 - 11 - 59 - 74 - 21 - 36 - 38 - 24 - 18 - 79 - 53 - 16 - 22 - 88 - 19 - 75 - 97 - 56 - 80 - 31 - 89 - 42 - 8 - 92 - 63 - 6 - 1 dengan jarak 44.504. Solusi tersebut diperoleh dengan waktu komputasi selama 336,492 detik.

Tabel 4. Nilai r berubah, $T = 50$

Percobaan ke-	Nilai r	Waktu Komputasi (detik)	Panjang rute
1	0,1	31,193	45.137
2	0,2	71,393	44.564
3	0,3	128,805	44.504
4	0,4	199,941	44.504
5	0,5	336,492	44.504
6	0,6	575,105	44.504
7	0,65	794,528	44.504
8	0,7	963,644	44.504

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa untuk 100 kota, pemilihan r sangat mempengaruhi solusi yang dihasilkan. Nilai r yang semakin tinggi akan menyebabkan semakin banyak jumlah iterasi dan menghasilkan solusi akhir yang optimal. Pada permasalahan TSP 100 kota untuk percobaan $r = 0,1$ diperoleh solusi akhir dengan jarak 45.137, untuk percobaan $r = 0,2$ diperoleh solusi optimal 44.564, sedangkan saat nilai r di atas 0,2 diperoleh solusi optimal yaitu 44.504. Namun, pada permasalahan TSP 100 kota nilai r yang terlalu tinggi akan menyebabkan iterasi yang dilakukan semakin banyak sehingga membutuhkan waktu komputasi yang sangat lama. Sehingga, akan lebih baik apabila pada saat simulasi dipilih nilai r yang tidak terlalu tinggi. Kemudian perlu diperiksa kekonvergenan dari solusi yang dihasilkan dari setiap iterasi. Apabila solusi yang dihasilkan belum konvergen maka dilakukan percobaan kembali dengan memilih nilai r yang lebih tinggi untuk menemukan solusi yang lebih baik dari sebelumnya.

Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa, walaupun Algoritma *Simulated Annealing* terlihat sederhana bukan berarti mudah dilakukan secara langsung. Pemilihan parameter pada *Simulated Annealing* tidak bebas dan cara terbaik untuk memperoleh solusi yang optimal adalah dengan melalui *trial and error*.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Permasalahan TSP asimetris dapat diselesaikan dengan menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* dan menghasilkan solusi yang baik.
2. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas pada Algoritma *Simulated Annealing*, parameter r (faktor pengendali parameter kontrol) lebih berpengaruh pada solusi yang dihasilkan dibandingkan parameter T (parameter kontrol).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Samana, E., Prihandono, B., dan Noviani, E. (2015) “Aplikasi Simulated Annealing Untuk Menyelesaikan Travelling Salesman Problem”. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya*, 03, 25–32.
- [2] Taha, H. A. (2017) *Operations Research An Introduction*, 10th edition. Pearson Education, Inc, Upper Saddle River, New Jersey.
- [3] Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., dan Vecchi, M. P. (1983) Optimization by Simulated Annealing. *Science*, New Series, 220, 671–680.
- [4] Reinelt, G. (2008) TSPLIB - A Traveling Salesman Problem Library. <http://comopt.ifl.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/atsp/>. diakses 30 April 2018.