

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Optimasi

Optimasi adalah salah satu disiplin ilmu dalam Matematika yang fokus untuk mendapatkan nilai minimum atau maksimum secara sistematis dari suatu fungsi, peluang, maupun pencarian nilai lainnya dalam berbagai kasus. Optimasi sangat berguna di hampir segala bidang dalam rangka melakukan usaha secara efektif dan efisien untuk mencapai target hasil yang ingin dicapai. Tentunya hal ini akan sangat sesuai dengan prinsip ekonomi yang berorientasikan untuk senantiasa menekan pengeluaran untuk menghasilkan output yang maksimal. (Nasution, 2015)

Nilai optimal yaitu nilai yang didapat dengan melalui suatu proses dan dianggap menjadi suatu solusi jawaban yang paling baik dari semua solusi yang ada. Nilai optimal dapat dicari dengan dua cara: (Waliprana, 2003)

1. Cara pertama yaitu cara konvensional, yaitu mencoba semua kemungkinan yang ada dengan mencatat nilai yang didapat. Cara ini kurang efektif, karena akan membutuhkan banyak waktu dalam pengecekan sehingga akan menjadi tidak optimal.
2. Cara kedua adalah dengan menggunakan suatu formula ataupun media seperti gambar atau grafik sehingga nilai optimal dapat diperkirakan dengan cepat dan tepat.

Contoh persoalan yang memerlukan optimisasi diantaranya adalah:

1. Menentukan lintasan terpendek dari suatu tempat ke tempat yang lain.
2. Menentukan jumlah pekerja seminimal mungkin dalam melakukan suatu proses produksi dengan pengeluaran biaya pekerja dapat seminimal mungkin dan hasil produksi semaksimal mungkin.
3. Mengatur jalur kendaraan umum agar dapat mencapai semua lokasi.
4. Mengatur routing jaringan kabel telepon agar biaya pemasangan kabel tidak terlalu besar dan penggunaannya tidak boros.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2 Pengertian Sampah

Menurut Undang-undang No 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah di definisikan sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Pengertian sampah mengandung tiga prinsip utama yang harus dipenuhi yaitu: (Republik Indonesia & Indonesia, 2008)

- a. adanya sesuatu benda atau bahan padat,
- b. adanya hubungan langsung/ tidak langsung dengan kegiatan manusia
- c. serta benda atau bahan tersebut tidak dipakai lagi

Peningkatan jumlah sampah atau limbah padat rumah tangga yang dihasilkan di Indonesia diperkirakan akan bertambah lima kali lipat pada tahun 2020. Produksi sampah tersebut diperkirakan meningkat dari 800 gr per hari per kapita pada tahun 1995 menjadi sebanyak 910 gr/hari/kapita pada tahun 2000. Baru sebanyak 11,25% sampah di daerah perkotaan yang diangkut petugas, sedangkan di daerah pedesaan 19%. Sampah sisanya dibakar, dibuat kompos, dan dibuang ke kali/ di buang sembarangan (Adnani, 2009)

2.3 Pengangkutan Sampah

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no 3 tahun 2013 tentang penyelenggaraan prasarana dan sarana persampahan dalam penanganan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga, pengangkutan sampah dari tempat pembuangan sementara (TPS) dan atau tempat pembuangan sementara *reuse, reduce, dan recycle* (TPS 3R) ke tempat pembuangan akhir (TPA) atau tempat pengolahan sampah terpadu (TPST) tidak boleh dicampur kembali setelah dilakukan pemilahan dan pewadahan. Pengangkutan sampah dilaksanakan dengan ketentuan: (Pekerjaan Umum, 2013)

1. Memaksimalkan kapasitas kendaraan angkut yang digunakan
2. Rute pengangkutan sependek mungkin dan dengan hambatan sekecil mungkin
3. Frekuensi dilakukan sesuai dengan jumlah sampah yang ada pengangkutan dari TPS dan/atau TPS 3R ke TPA atau TPST
4. Ritasi dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi dan efektifitas pengangkutan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sarana pengangkutan sampah dapat berupa:

1. *Dump truck/ tipper truck*
2. *Amroll truck*
3. *Compactor truck*
4. *Street sweeper vehicle*
5. *Trailer*

2.4 *Ant Colony Optimization*

Algoritma *ant colony* terinspirasi oleh penelitian terhadap perilaku koloni semut. Semut adalah serangga yang bersifat sosial. Mereka hidup pada suatu koloni yang mempunyai perilaku *survival* (mempertahankan hidup) bersama koloninya. *Ant Colony Optimization* termasuk teknik pencarian *multi agent* untuk menyelesaikan permasalahan optimasi, khususnya kombinatorial yang terinspirasi tingkah laku semut dalam suatu koloni. Algoritma *Ant Colony* pertama kali diperkenalkan oleh Marco Dorigo pada tahun 1991 sebagai thesis PhD-nya yang kemudian dipublikasikan dengan nama *Ant System (AS)*. Algoritma ini terinspirasi oleh tingkah laku koloni semut, hewan yang hampir buta dengan kemampuan individu yang sederhana namun dapat menemukan jalan terpendek dari sarang menuju sumber makanan, ketika bekerja sama dengan semut-semut lainnya dalam suatu koloni. (Suyanto, 2010).

2.5 *Konsep Dasar Ant Colony Optimization (ACO)*

Perilaku semut yang sangat menarik adalah ketika mereka mencari makan, dimana mereka dapat menemukan jalur terpendek antara sumber makanan dan sarang mereka. Ketika berjalan dari sumber makanan ke sarang dan sebaliknya, semut meletakkan suatu zat yang disebut *pheromone*. *Pheromone* dapat diartikan “pembawa hormon” yaitu suatu hormon yang diproduksi oleh kelenjar endokrin yang bisa memberikan isyarat kimiawi. Ketika hormon tersebut disekresikan sebagai isyarat oleh seekor semut, maka semut lain bisa mengenalinya.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ketika mencari makan, pada awalnya semut akan berkeliling di daerah sekitar sarangnya secara acak. Begitu mengetahui ada makanan, semut akan menganalisa kualitas dan kuantitas makanan tersebut dan membawa beberapa bagian ke sarangnya. Dalam perjalanan, mereka meninggalkan jejak berupa sejumlah zat kimia yang disebut *pheromone*. *Pheromone* ini akan membimbing semut lain untuk menemukan sumber makanan. Jumlah *pheromone* yang di tinggalkan oleh semut bergantung pada jumlah makanan yang ditemukan. Semakin banyak makanan yang di dapat, semakin banyak pula *pheromone* yang di tinggalkan. Sehingga, semakin banyak pula jejak *pheromone* yang terkumpul di jalur tersebut. (Suyanto, 2010)

2.6 Algoritma *Ant Colony Optimization*

Para ahli sudah mengusulkan beragam algoritma *Ant Colony Optimization* berbeda. Berikut ini adalah varian *Ant Colony Optimization* secara kronologis dari tahun 1991 hingga 2001. Algoritma yang paling sukses dari 9 Varian ACO ini yaitu *Ant System (AS)*, *MAX-MIN AS*, dan *Ant Colony System (ACS)*. (Suyanto, 2010)

Tabel 2.1 Varian ACO yang diusulkan oleh para ahli

No	Algoritma	Penemu	Tahun	Referensi
1	<i>Ant System (AS)</i>	Dorigo et al	1991	[DOR91, DOR92, DOR96]
2	<i>Elitist AS</i>	Dorigo et al	1992	[DOR92, DOR96]
3	<i>Ant-Q</i>	Gambardella & Dorigo	1995	[GAM95]
4	<i>Ant Colony System</i>	Dorigo & Gambardella	1996	[DOR97a, DOR97b, GAM96]
5	<i>MAX-MIN AS</i>	Stutzle & Hoos	1996	[STU96], [STU99], [STU00]
6	<i>Rank-based AS</i>	Bullnheimer et al	1997	[BUL97], [BUL99]
7	<i>ANTS</i>	Maniezzo	1999	[MAN99]
8	<i>BWAS</i>	Cordon et al	2000	[COR00]
9	<i>Hyper-cube AS</i>	Blum et al	2001	[BLU01], [BLU04]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7 Ant System

Algoritma ini diperkenalkan oleh Dorigo, Maniezzo, dan Colorni pada tahun 1991. Semut-semut buatan pada algoritma ini berbeda dengan hewan semut yang asli. Semut pada algoritma ini memiliki memori, tidak sepenuhnya buta, dan berada pada lingkungan dimana waktunya adalah diskrit.

TSP dapat dinyatakan sebagai permasalahan dalam mencari jarak minimal sebuah tur tertutup terhadap sejumlah n kota dimana kota-kota yang ada hanya dikunjungi sekali. TSP direpresentasikan dengan graf yang lengkap, artinya semua simpulnya terhubung satu sama lain. Jadi, jika terdapat n simpul maka graf tersebut memiliki $(n!/((n-2)! \cdot 2!))$ buah ruas, sesuai dengan rumus kombinasi dan juga memiliki $(n-1)!/2$ tur yang mungkin dapat dilakukan oleh setiap semut, graf tersebut juga merupakan graf simetris, artinya jarak antara kota r ke kota s sama dengan jarak antara kota s ke kota r ($\delta(r, s) = \delta(s, r)$).

Secara informal, AS bekerja sebagai berikut: setiap semut memulai turnya memalui sebuah kota yang dipilih secara acak (setiap semut memiliki kota awal yang berbeda). Secara berulang kali, satu persatu kota yang ada dikunjungi oleh semut dengan tujuan untuk menghasilkan tur yang lengkap (yaitu mengunjungi masing-masing kota sekali saja). Pemilihan kota-kota yang akan dilaluinya didasarkan pada suatu fungsi probabilitas, dinamai aturan transisi status dengan mempertimbangkan *visibility* (invers dari jarak) kota tersebut dan jumlah *pheromone* yang terdapat pada ruas yang menghubungkan kota tersebut. Semut lebih suka untuk bergerak menuju ke kota-kota yang dihubungkan dengan ruas yang pendek atau yang memiliki jumlah *pheromone* yang tinggi (Dorigo & Gambardella, 1997). Setiap semut memiliki sebuah memori, dinamai *tabu list* yang berisi semua kota yang dikunjungi pada setiap tur. *Tabu list* ini mencegah semut untuk mengunjungi kota-kota yang sebelumnya telah dikunjungi selama tur berlangsung, yang membuat solusinya menjadi mungkin.

Setelah semua semut menyelesaikan tur mereka dan *tabu list* mereka menjadi penuh, sebuah aturan pembaruan *pheromone global* dilaksanakan pada setiap semut, penguapan *pheromone* pada semua ruas dilakukan dan kemudian setiap semut menghitung panjang tur yang telah mereka lakukan lalu menaruh

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sejumlah *pheromone* pada ruas-ruas yang merupakan bagian dari tur mereka yang sebanding dengan kualitas dari solusi yang mereka hasilkan. Semakin pendek sebuah tur yang dihasilkan oleh seekor semut, jumlah *pheromone* yang diletakkan pada ruas-ruas yang dilaluinya pun semakin besar. Hal ini menyebabkan ruas-ruas yang diberi *pheromone* lebih banyak akan lebih diminati/dipertimbangkan pada tur-tur selanjutnya, sebaliknya ruas-ruas yang tidak diberi *pheromone* menjadi kurang diminati dan jalur terpendek yang ditemukan semut disimpan dan semua *tabu list* yang ada dikosongkan kembali.

Peranan utama dari penguapan *pheromone* adalah untuk mencegah stagnasi, yaitu situasi dimana semua semut berakhir dengan melakukan tur yang sama. Proses tersebut diulangi sampai tur-tur yang dilakukan mencapai jumlah maksimum.

Aturan transisi yang digunakan oleh *Ant System* dinamai *random propotional* pada kota r yang memilih untuk menuju kota s dengan menentukan *visibility* dengan rumus:

$$\eta = 1/\delta \dots\dots\dots(2.1)$$

Memilih kota selanjutnya menggunakan aturan transisi status dengan rumus:

$$P_k(r, s) = \begin{cases} \frac{[\tau_{rs}] \cdot [\eta_{rs}]^\beta}{\sum_{u \in J_r^k} [\tau_{ru}] \cdot [\eta_{ru}]^\beta} & \text{untuk } s \in J_r^k \\ 0 & \text{untuk } s \text{ lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana r adalah *pheromone*, $\eta = 1/\delta$ adalah *visibility* (invers dari jarak $\delta(r, s) = [(x_r - x_s)^2 + (y_r - y_s)^2]$, $J_k(r)$ adalah kumpulan kota yang akan dikunjungi oleh semut k yang sedang berada pada kota r (untuk membuat solusinya menjadi mungkin), dan β adalah sebuah parameter yang mengontrol bobot (*weight*) relatif dari *pheromone* terhadap jarak ($\beta > 0$).

Pada persamaan 2.2 kita mengalikan *pheromone* pada ruas (r, s) dengan nilai *visibility* yang sesuai, $\eta = (r, s)$. Dengan cara ini kita lebih memilih ruas yang lebih pendek dan memiliki jumlah *pheromone* yang lebih besar. Dalam *ant system*, aturan pembaruan *pheromone* global diimplementasikan sebagai berikut:

setelah semut membuat tur mereka, *pheromone* yang ada pada semua ruas diperbarui menurut persamaan

$$\tau(r,s) \leftarrow (1-\alpha) \cdot \tau(r,s) + \sum_{i=1}^m \Delta\tau_k(r,s) \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana $\Delta\tau_k(r,s) = \begin{cases} L_k & \text{jika } (r,s) \in \text{tur yang dilakukan oleh semut } k \\ 0 & \text{sebaliknya} \end{cases}$

Dimana $0 < \alpha < 1$ adalah sebuah parameter *pheromone decay*, L_k adalah panjang tur yang dilakukan oleh semut k dan m adalah jumlah dari semut. *Ant System* bermanfaat dalam menemukan solusi-solusi yang optimal ataupun bagus untuk TSP dengan jumlah kota yang sedikit, waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil tersebut membuatnya tidak mungkin lagi untuk diterapkan pada masalah yang lebih besar, untuk meningkatkan performa AS ditemukanlah *Ant Colony System* (Dorigo & Gambardella, 1997)

2.8 Ant Colony System

Ant Colony System (ACS) merupakan perbaikan dari AS yang asli. ACS diperkenalkan oleh Gambardella dan Dorigo. Pada ACS, sebuah prosedur *update-an pheromone* yang dilakukan pada akhir pembangunan suatu solusi atau tour yang lengkap. *Peng-update-an pheromone* lokal dilakukan oleh semua semut setelah setiap langkah pembangunan solusi. (Suyanto, 2010)

Secara informal, ACS bekerja sebagai berikut: sejumlah m semut ditempatkan pada sejumlah n kota berdasarkan beberapa aturan inisialisasi (misalnya, secara acak). Setiap semut membuat sebuah tur (yaitu, sebuah solusi TSP yang mungkin) dengan menerapkan sebuah aturan transisi status secara berulang kali. Selagi membangun turnya, seekor semut juga memodifikasi jumlah *pheromone* pada ruas-ruas yang dikunjunginya dengan menerapkan aturan pembaruan *pheromone* lokal. Setelah semua semut mengakhiri tur mereka, jumlah *pheromone* yang ada pada ruas-ruas dimodifikasi kembali (dengan menerapkan aturan pembaruan *pheromone* global). Seperti yang terjadi pada *ant system*, dalam membuat tur, semut 'dipandu' oleh informasi heuristik (mereka lebih memilih ruas-ruas yang pendek) dan oleh informasi *pheromone*: Sebuah ruas dengan jumlah *pheromone* yang tinggi merupakan pilihan yang sangat diinginkan. Kedua aturan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pembaharuan *pheromone* itu dirancang agar semut cenderung untuk memberi lebih banyak *pheromone* pada ruas-ruas yang harus mereka lewati.

ACS memiliki tiga aspek utama: (Dorigo & Gambardella, 1997)

1. aturan transisi status pada sistem ini memberikan suatu cara langsung untuk menyeimbangkan antara penjelajahan (*exploration*) ruas-ruas yang baru dengan eksploitasi (*exploitation*) dari sebuah *priori* dan pengetahuan yang dihimpun mengenai masalah
2. aturan pembaruan *pheromone* global hanya dilakukan pada ruas-ruas yang merupakan bagian dari tur terbaik,
3. disaat semut membangun sebuah solusi, diterapkan suatu aturan pembaruan *pheromone* lokal (*local pheromone updating rule*).

1. Aturan Transisi Status pada ACS

Aturan transisi status yang berlaku pada ACS adalah sebagai berikut: seekor semut yang ditempatkan pada kota r memilih untuk menuju ke kota s dengan menerapkan aturan berikut: (Dorigo & Gambardella, 1997)

$$S = \begin{cases} \arg \max_{u \in J_k(r)} \{ \tau_{ru} [\eta_{ru}]^\beta & \text{jika } q \leq q_0 \text{ (eksploitasi)} \\ S, & \text{jika tidak (eksplorasi)} \end{cases} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana q adalah sebuah bilangan pecahan acak antara $[0..1]$, q_0 adalah sebuah parameter pembanding bilangan acak ($0 \leq q_0 \leq 1$) dan S adalah sebuah variabel acak yang dipilih berdasarkan distribusi probabilitas. Aturan transisi status yang dihasilkan dari persamaan 2.4 dan 2.2 dinamakan aturan *randomproportional* semu (*pseudo-random-proportioned rule*). Aturan transisi status ini, mengarahkan semut untuk bertransisi ke kota-kota yang dihubungkan dengan ruas-ruas yang pendek dan memiliki jumlah *pheromone* yang besar. Setiap kali seekor semut yang ada pada kota r memilih kota s sebagai tujuan berikutnya, ia membangkitkan sebuah bilangan acak antara $[0..1]$ dimana ($0 \leq q_0 \leq 1$). Jika $q \leq q_0$ maka semut tersebut akan memanfaatkan pengetahuan yang ada mengenai masalah

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tersebut, yaitu pengetahuan heuristik tentang jarak antara kota tersebut dengan kota-kota lainnya dan juga pengetahuan yang telah didapat dan disimpan dalam bentuk *pheromone trail*. Hal ini mengakibatkan ruas terbaik (berdasarkan persamaan 2.4) dipilih *exploitation*. Jika sebaliknya maka sebuah ruas dipilih berdasarkan persamaan 2.2(*exploration*).

2. Aturan Pembaruan *Pheromone* Lokal pada ACS

Selagi melakukan tur untuk mencari solusi dari TSP, semutmengunjungi ruas-ruas dan mengubah tingkat *pheromone* pada ruas-ruas tersebut dengan menerapkan aturan pembaruan *pheromone* lokal yang ditunjukkan oleh persamaan berikut:(Dorigo & Gambardella, 1997)

$$\tau(r,s) \leftarrow (1-\rho) \cdot \tau(r,s) + \rho \cdot \Delta\tau(r,s) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana $0 < \rho < 1$ adalah sebuah parameter. Peranan dari aturan pembaruan *pheromone* lokal ini adalah untuk mengacak arah tur-tur yang sedang dibangun, sehingga kota-kota yang telah dilewati sebelumnya oleh tur seekor semut mungkin akan dilewati kemudian oleh tur semut yang lain. Dengan kata lain, pengaruh dari pembaruan lokal ini adalah untuk membuat tingkat ketertarikan ruas-ruas yang ada berubah secara dinamis: setiap kali seekor semut menggunakan sebuah ruas maka ruas ini dengan segera akan berkurang tingkat ketertarikannya (karena ruas tersebut kehilangan sejumlah *pheromone*-nya), secara tidak langsung semut yang lain akan memilih ruas-ruas lain yang belum dikunjungi. Konsekuensinya, semut tidak akan memiliki kecenderungan untuk berkumpul pada jalur yang sama. Fakta ini, yang telah diamati dengan melakukan percobaan (Dorigo & Gambardella, 1997) merupakan sifat yang diharapkan bahwa jika semut membuat tur-tur yang berbeda maka akan terdapat kemungkinan yang lebih tinggi dimana salah satu dari mereka akan menemukan solusi yang lebih baik daripada jika mereka semua berkumpul dalam tur yang sama. Dengan cara ini, semut akan membuat penggunaan informasi

pheromone menjadi lebih baik: tanpa pembaruan lokal, semua semut akan mencari pada lingkungan yang sempit dari tur terbaik yang telah ditemukan sebelumnya.

3. Aturan Pembaruan *Pheromone* Global pada ACS

Pembaharuan *pheromone* secara global hanya dilakukan oleh semut yang membuat tur terpendek sejak permulaan percobaan. Pada akhir sebuah iterasi, setelah semua semut menyelesaikan tur mereka, sejumlah *pheromone* ditaruh pada ruas-ruas yang dilewati oleh seekor semut yang telah menemukan tur terbaik (ruas-ruas yang lain tidak diubah). Tingkat *pheromone* itu diperbarui dengan menerapkan aturan pembaruan *pheromone* global yang ditunjukkan oleh persamaan berikut: (Dorigo & Gambardella, 1997)

$$\tau(r,s) \leftarrow (1-\alpha) \cdot \tau(r,s) + \alpha \cdot \Delta\tau(r,s) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\text{dimana } \Delta\tau(r,s) = \begin{cases} (L_{gb})^{-1} & \text{jika } (r,s) \in \text{global - best - tour} \\ 0 & \text{sebaliknya} \end{cases}$$

$0 < \alpha < 1$ adalah parameter *pheromone decay*, dan L_{gb} adalah panjang dari tur terbaik secara global sejak permulaan percobaan. Seperti yang terjadi pada *ant system*, pembaruan *pheromone* global dimaksudkan untuk memberikan *pheromone* yang lebih banyak pada tur-tur yang lebih pendek. Persamaan (2.6) menjelaskan bahwa hanya ruas-ruas yang merupakan bagian dari tur terbaik secara global yang akan menerima penambahan *pheromone*.

2.9 Contoh Perhitungan Algoritma

Berikut ini merupakan contoh dari perhitungan algoritma *Ant Colony System* (Amalia, 2015). Langkah-langkah menyelesaikan permasalahan optimasi dengan algoritma *Ant Colony System* yaitu:

1. Lakukan inialisasi parameter algoritma yang diperlukan, seperti jumlah obyek = 9, jumlah semut = 9, nilai *pheromone* awal (τ) = 0,0001, parameter

pengendali jarak (β)=2, dan parameter 0 sampai 1 (ρ)= 0,1, $q_0 = 0,565$, siklus= 2, $\alpha = 0,1$

2. Tentukan jarak tiap *node* yang ada

Tabel 2.2 Jarak antar *node* dalam satuan meter

Jarak	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1300	800	32	1100	1700	3600	8000	500
2	1300	0	550	1300	2400	2800	3200	9300	1800
3	800	550	0	750	1810	2500	3000	8800	1300
4	32	1300	750	0	1100	1700	3600	8100	500
5	1100	2400	1810	1100	0	1800	4800	7200	600
6	1700	2800	2500	1700	1800	0	5300	8400	1800
7	3600	3200	3000	3600	4800	5300	0	11600	4100
8	8000	9300	8800	8100	7200	8400	11600	0	7500
9	500	1800	1300	500	600	1800	4100	7500	0

3. Perhitungan jalur terpendek menggunakan algoritma ACS dimulai dengan menentukan titik selanjutnya, maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan *visibility* antar *node* (invers dari jarak), $\eta = \frac{1}{\text{nilai tiap titik}}$ (2.1)

Tabel 2.3 Invers jarak antar *node*

Invers	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0,00077	0,00125	0,03125	0,00091	0,00059	0,00028	0,00013	0,002
2	0,00077	0	0,00182	0,00077	0,00042	0,00036	0,00032	0,00011	0,00056
3	0,00125	0,00182	0	0,00134	0,00056	0,0004	0,00034	0,00012	0,00077
4	0,03125	0,00077	0,00134	0	0,00091	0,00059	0,00028	0,00013	0,002
5	0,00091	0,00042	0,00056	0,00091	0	0,00056	0,00021	0,00014	0,00167
6	0,00059	0,00036	0,0004	0,00059	0,00056	0	0,00019	0,00012	0,00056
7	0,00028	0,00032	0,00034	0,00028	0,00021	0,00019	0	0,00009	0,00025
8	0,00013	0,00011	0,00012	0,00013	0,00014	0,00012	0,00009	0	0,00014
9	0,002	0,00056	0,00077	0,002	0,00167	0,00056	0,00025	0,00014	0

4. Nilai *pheromone* awal pada perhitungan ini ditetapkan dengan angka awal yang sangat kecil yaitu 0,0001. Penentuan nilai *pheromone* awal ini dimaksudkan agar tiap ruas semut memiliki nilai ketertarikan untuk dikunjungi oleh oleh tiap-tiap semut.

Tabel 2.4 *Pheromone* awal

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
2	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
4	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
5	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
6	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
7	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
8	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
9	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

5. Mencari titik selanjutnya yang akan di tuju oleh semut menggunakan persamaan (2.4) dan nilai probabilitas berdasarkan persamaan (2.2). Nilai temporary digunakan untuk menentukan titik-titik yang akan dituju selanjutnya. Contoh perhitungan serta hasil perhitungan nilai temporary dan nilai probabilitas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Temporary}_{1,4} &= \tau_{1,4} \cdot [\eta_{1,4}]^\beta \dots\dots\dots(2.4) \\
 &= 0.0001 \cdot [0,03125]^2 \\
 &= 9765.63 \times 10^{-11}
 \end{aligned}$$

$$\text{Probabilitas (r,s)} = \frac{[\tau_{rs}] \cdot [\eta_{rs}]^\beta}{\sum_{u \in J_r^k} [\tau_{ru}] \cdot [\eta_{ru}]^\beta} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Probabilitas (1,4)} &= \frac{9765.63 \times 10^{-11}}{9839.899 \times 10^{-11}} \\
 &= 0,9925 \times 10^{-11}
 \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 \sum_{u \in J_r^k} [\tau_{ru}] \cdot [\eta_{ru}]^\beta &= ((0.0001) \times (0)^2) + ((0.0001) \times (0.00077)^2) + ((0.0001) \times (0.00125)^2) + ((0.0001) \times (0.03125)^2) + ((0.0001) \times (0.00091)^2) \\
 &+ ((0.0001) \times (0.00059)^2) + ((0.0001) \times (0.00028)^2) \\
 &+ ((0.0001) \times (0.00013)^2) + ((0.0001) \times (0.00200)^2) \\
 &= 0 + 5.929 + 15.625 + 9765.63 + 8.281 + 3.481 + 0.784 + 0.169 + 40 \\
 &= 9839.899 \times 10^{-11}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *temporary* dan *probabilitas* siklus pertama untuk semut 1 dapat dilihat dibawah ini:

Siklus 1
 $q_0 = 0.565$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Semut 1

Tabu 1

Tabel 2.5 Siklus 1 Tabu list 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temporary ($\times 10^{-11}$)	0	5.929	15.625	9765.6	8.281	3.481	0.784	0.169	40
Probabilitas	0	0.0006	0.0016	0.9925	0.0008	0.0004	8E-05	2E-05	0.0041
Probabilitas Akumulatif	0	0.0006	0.0022	0.9946	0.9955	0.9958	0.9959	0.9959	1

- a. Bilangan random yang dibangkitkan $q=0.915$
- b. Memeriksa parameter perbandingan eksploitasi terhadap eksplorasi dengan bilangan random.
- c. $q > q_0$ pilih *node* 8 (berdasarkan tabel diatas yang dicetak tebal)
- d. Isitabu list $1 \rightarrow 8$

Tabel 2.6 Siklus 1 Tabu List 1,8

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temporary ($\times 10^{-11}$)	0	5.929	15.625	9765.6	8.281	3.481	0.784	0	40
Probabilitas	0	0.0006	0.0016	0.9925	0.0008	0.0004	8E-05	0	0.0041
Probabilitas akumulatif	0	0.0006	0.0022	0.9947	0.9955	0.9959	0.9959	0.9959	1

- a. Bilangan random yang dibangkitkan $q=0.806$
- b. Memeriksa parameter perbandingan eksploitasi terhadap eksplorasi dengan bilangan random.
- c. $q > q_0$ pilih *node* 7 (berdasarkan tabel diatas yang dicetak tebal)
- d. Isitabu list $1 \rightarrow 8 \rightarrow 7$

Tabel 2.7 Siklus 1 Tabu List 1,8,7

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temporary ($\times 10^{-11}$)	0	5.929	15.625	9765.6	8.281	3.481	0	0	40
Probabilitas	0	0.0006	0.0016	0.9925	0.0008	0.0004	0	0	0.0041
Probabilitas akumulatif	0	0.0006	0.0022	0.9947	0.9956	0.9959	0.9959	0.9959	1

- a. Bilangan random yang dibangkitkan $q=0.705$
- b. Memeriksa parameter perbandingan eksploitasi terhadap eksplorasi dengan bilangan random.
- c. $q > q_0$ pilih *node* 6 (berdasarkan tabel diatas yang dicetak tebal)
- d. Isitabu list $1 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 6$

Tabel 2.8 Siklus 1 Tabu List 1,8,7,6

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temporary ($\times 10^{-11}$)	0	5.929	15.625	9766	8.281	0	0	0	40
Probabilitas	0	0.0006	0.0016	0.9929	0.0008	0	0	0	0.0041
Probabilitas Akumulatif	0	0.0006	0.0022	0.9951	0.9959	0.9959	0.9959	0.9959	1

- Bilangan random yang dibangkitkan $q=0.564$
- Memeriksa parameter perbandingan eksploitasi terhadap eksplorasi dengan bilangan random.
- $q < q_0$ pilih *node* 4 (berdasarkan tabel diatas yang dicetak tebal)
- Isi tabu list $1 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 4$

Tabel 2.9 Siklus 1 Tabu List 1,8,7,6,4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temporary ($\times 10^{-11}$)	0	5.929	15.625	0	8.281	0	0	0	40
Probabilitas	0	0.0849	0.2237	0	0.1186	0	0	0	0.5728
Probabilitas Akumulatif	0	0.0849	0.3086	0.3086	0.4272	0.4272	0.4272	0.4272	1

- Bilangan random yang dibangkitkan $q=0.146$
- Memeriksa parameter perbandingan eksploitasi terhadap eksplorasi dengan bilangan random.
- $q < q_0$ pilih *node* 9 (berdasarkan tabel diatas yang dicetak tebal)
- Isi tabu list $1 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 4 \rightarrow 9$

Tabel 2.10 Siklus 1 Tabu List 1,8,7,6,4,9

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temporary ($\times 10^{-11}$)	0	5.929	15.625	0	8.281	0	0	0	0
Probabilitas	0	0.1987	0.5237	0	0.2776	0	0	0	0
Probabilitas akumulatif	0	0.1987	0.7224	0.7224	1	1	1	1	1

- Bilangan random yang dibangkitkan $q=0.911$
- Memeriksa parameter perbandingan eksploitasi terhadap eksplorasi dengan bilangan random.
- $q > q_0$ pilih *node* 2 (berdasarkan tabel diatas yang dicetak tebal)
- Isi tabu list $1 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 4 \rightarrow 9 \rightarrow 2$

Tabel 2.11 Siklus 1 Tabu List 1,8,7,6,4,9,2

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temporary (x10 ⁻¹¹)	0	0	15.625	0	8.281	0	0	0	0
Probabilitas	0	0	0.6536	0	0.3464	0	0	0	0
Probabilitas akumulatif	0	0	0.6536	0.6536	1	1	1	1	1

- Bilangan random yang dibangkitkan $q=0.989$
- Memeriksa parameter perbandingan eksploitasi terhadap eksplorasi dengan bilangan random.
- $q > q_0$ pilih *node* 5 (berdasarkan tabel di atas yang dicetak tebal)
- Isi tabu list $1 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 4 \rightarrow 9 \rightarrow 2 \rightarrow 5$

Tabel 2.12 Siklus 1 Tabu List 1,8,7,6,4,9,2,5

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temporary (x10 ⁻¹¹)	0	0	15.625	0	0	0	0	0	0
Probabilitas	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Probabilitas akumulatif	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Jalur Semut 1: $1 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 4 \rightarrow 9 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 3$

Lanjutkan kembali pencarian aturan transisi status dari persamaan 1 dan 2 pada siklus 1 untuk semut ke-2 sampai semut ke-9.

6. Semut yang sudah berpindah dari titik awal ke titik selanjutnya melakukan update *pheromone* lokal pada titik selanjutnya yang telah dipilih menggunakan persamaan (2.5). Tentukan terlebih dulu $\Delta\tau = \frac{1}{L \cdot c}$ dimana L= nilai jarak sebenarnya dan c= jumlah titik

$$\begin{aligned} \Delta\tau_{(2,3)} &= \frac{1}{L \cdot c} \\ &= \frac{1}{550.9} \\ &= 0.00020 \end{aligned}$$

$$\tau_{(2,3)} \leftarrow (1-\rho) \cdot \tau_{(2,3)} + \rho \cdot \Delta\tau_{(2,3)} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\tau_{(2,3)} \leftarrow (1-0,1) \cdot 0,0001 + 0.1 \cdot 0.00020$$

$$\tau_{(2,3)} \leftarrow 0,00011$$

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dengan proses yang sama hasil keseluruhan dari pembaharuan *pheromone* lokal dari semua obyek wisata dapat dilihat pada tabel 2.13 dibawah ini:

Tabel 2.13 Pembaharuan *pheromone* lokal dari semua obyek pada siklus 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.00009	0.00010	0.00010	0.00044	0.00010	0.00010	0.00009	0.00009	0.00011
2	0.00010	0.00009	0.00011	0.00010	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00010
3	0.00010	0.00011	0.00009	0.00010	0.00010	0.00009	0.00009	0.00009	0.00010
4	0.00044	0.00010	0.00010	0.00009	0.00010	0.00010	0.00009	0.00009	0.00011
5	0.00010	0.00009	0.00010	0.00010	0.00009	0.00010	0.00009	0.00009	0.00011
6	0.00010	0.00009	0.00009	0.00010	0.00010	0.00009	0.00009	0.00009	0.00010
7	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
8	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
9	0.00011	0.00010	0.00010	0.00011	0.00011	0.00010	0.00009	0.00009	0.00009

7. Lakukan perangkingan semua semut untuk mendapatkan jarak terpendek

Total jarak dan jalur dari ke-9 semut dari siklus pertama adalah:

Jalur Semut 1: $1 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 4 \rightarrow 9 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 3 = 33100m$

Jalur semut 2: $2 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 9 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 8 \rightarrow 7 = 27482m$

Jalur semut 3: $3 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 2 \rightarrow 9 \rightarrow 1 \rightarrow 5 \rightarrow 6 = 31350m$

Jalur semut 4: $4 \rightarrow 1 \rightarrow 8 \rightarrow 3 \rightarrow 7 \rightarrow 9 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 6 = 29732m$

Jalur semut 5: $5 \rightarrow 9 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 8 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 2 = 29982m$

Jalur semut 6: $6 \rightarrow 1 \rightarrow 5 \rightarrow 8 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 9 = 28550m$

Jalur semut 7: $7 \rightarrow 6 \rightarrow 8 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 9 \rightarrow 5 = 30282m$

Jalur semut 8: $8 \rightarrow 7 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 1 \rightarrow 9 = 29650m$

Jalur semut 9: $9 \rightarrow 8 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 6 = 27782m$

8. Tahap selanjutnya yaitu menyelesaikan siklus kedua, maka kita mengosongkan tabu list dengan urutan *node* yang baru. Ulangi langkah dimulai dari aturan transisi status untuk mencari titik selanjutnya dengan menggunakan harga parameter intensitas *pheromone* yang sudah diperbaharui

9. Tahap selanjutnya melakukan pencarian berdasarkan aturan transisi status pada siklus kedua untuk semut ke-1 sampai semut ke-9. Sehingga diperoleh Jalur ke-9 semut pada siklus kedua adalah:

Jalur semut 1 : $1 \rightarrow 4 \rightarrow 9 \rightarrow 8 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 7 \rightarrow 6$

Jalur semut 2 : $2 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 9 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 5$

Jalur semut 3 : $3 \rightarrow 8 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 9$

Jalur semut 4 : $4 \rightarrow 8 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 9 \rightarrow 7 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 6$

Jalur semut 5 : $5 \rightarrow 9 \rightarrow 1 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 6$

Jalur semut 6 : $6 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 9 \rightarrow 5 \rightarrow 4$

Jalursemut7 : 7→3→8→2→1→6→5→4→9

Jalursemut8 : 8→5→9→7→1→4→2→6→3

Jalursemut9 : 9→1→8→4→7→5→3→2→6

10. Apabila telah memilih *node* yang dituju, *node* tersebut disimpan ke dalam *tabulistiwa* untuk menyatakan bahwa *node* tersebut telah menjadi bagian dari membangun solusi. Setelah itu intensitas *pheromone* di sisi tersebut dinamakan perubahan *pheromone* lokal.

Tabel 2.14 Pembaharuan *pheromone* lokal dari semua obyek pada siklus 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.00009	0.00010	0.00011	0.00074	0.00010	0.00009	0.00009	0.00008	0.00012
2	0.00010	0.00009	0.00012	0.00010	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00009
3	0.00011	0.00012	0.00009	0.00011	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00010
4	0.00074	0.00010	0.00011	0.00009	0.00010	0.00009	0.00009	0.00008	0.00012
5	0.00010	0.00009	0.00009	0.00010	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00012
6	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00008	0.00009
7	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00009	0.00008	0.00009
8	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00009	0.00008
9	0.00012	0.00009	0.00010	0.00012	0.00012	0.00009	0.00009	0.00008	0.00009

11. Tahap selanjutnya perankingan untuk jalur path terbaik pada siklus 2

Total jarak dan jalur dari ke-9 semut dari siklus kedua adalah:

Jalursemut1 : 1→4→9→8→3→5→2→7→6 = 31232

Jalursemut2 : 2→3→1→4→9→8→7→6→5 = 30432

Jalursemut3 : 3→8→4→7→6→5→2→1→9 = 31300

Jalursemut4 : 4→8→1→3→9→7→5→2→6 = 34000

Jalursemut5 : 5→9→1→8→7→2→4→3→6 = 30250

Jalursemut6 : 6→8→7→2→1→3→9→5→4 = **30000**

Jalursemut7 : 7→3→8→2→1→6→5→4→9 = 31600

Jalursemut8 : 8→5→9→7→1→4→2→6→3 = 30932

Jalursemut9 : 9→1→8→4→7→5→3→2→6 = 31950

Berdasarkan total jarak dan jalur dari ke-9 semut dari siklus kedua, yang merupakan jalur terpendek adalah semut 6 dengan panjang jarak 30000 mdengan rute 2,3,1,4,9,5,6,8,7.

12. Pilih jalur terpendek antara siklus 1 dan siklus 2

Semut 2 dengan panjang jarak 27482 mpada siklus 1

Semut 6 dengan panjang jarak 30000 mpada siklus 2

Jalur terpendek terbaik yaitu: Semut 2 dengan panjang jarak 27482 mpada siklus 1

Tabel 2.15 Pembaharuan *pheromone* lokal dari semua obyek untuk semut 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.00009	0.00010	0.00011	0.00074	0.00010	0.00009	0.00009	0.00008	0.00012
2	0.00010	0.00009	0.00012	0.00010	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00009
3	0.00011	0.00012	0.00009	0.00011	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00010
4	0.00074	0.00010	0.00011	0.00009	0.00010	0.00009	0.00009	0.00008	0.00012
5	0.00010	0.00009	0.00009	0.00010	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00012
6	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00008	0.00009
7	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00009	0.00008	0.00009
8	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00009	0.00008
9	0.00012	0.00009	0.00010	0.00012	0.00012	0.00009	0.00009	0.00008	0.00009

13. Lakukan pembaruan *pheromone global* untuk *node-node* yang termasuk dalam *path* terbaik menggunakan persamaan (2.6). Dari rute *path* terbaik panjang jalur 27482 m, maka pembaruan *pheromone* adalah sebagai berikut:

Untuk (t,v) bagian dari rute terpendek

$$\begin{aligned}
 \Delta\tau(t,v) &= \frac{1}{L_{gb}} \\
 &= \frac{1}{27482} \\
 &= 3,64E-05
 \end{aligned}$$

Sebagai contoh digunakan update *pheromone global* untuk *pheromone* $\tau(2,3)$

$$\tau(2,3) \leftarrow (1-\alpha) \cdot \tau(2,3) + \alpha \cdot \Delta\tau \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\tau(2,3) \leftarrow (1-0.1) \cdot 0,00012 + 0.1 \cdot 3,64E-05$$

$$\tau(2,3) \leftarrow 0,00011$$

Update *pheromone global* pada titik (1,5)

$$\Delta\tau = 0$$

$$\tau(1,5) \leftarrow (1-\alpha) \cdot \tau(1,5) + \alpha \cdot \Delta\tau$$

$$\tau(1,5) \leftarrow (1-0.1) \cdot 0.00010 + 0.1 \cdot 0$$

$$\tau(1,5) \leftarrow 0,00009$$

Hasil update *pheromone global* dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2.16 nilai *pheromone* setelah mengalami update *pheromone global*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.00008	0.00009	0.00010	0.00067	0.00009	0.00008	0.00008	0.00008	0.00011
2	0.00009	0.00008	0.00011	0.00009	0.00008	0.00008	0.00008	0.00007	0.00008

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	0.00010	0.00011	0.00008	0.00010	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00009
4	0.00067	0.00009	0.00010	0.00008	0.00009	0.00008	0.00008	0.00008	0.00011
5	0.00009	0.00008	0.00008	0.00009	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00010
6	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00009	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008
7	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008
8	0.00008	0.00007	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00007	0.00008	0.00008
9	0.00011	0.00008	0.00009	0.00011	0.00011	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008

2.10 Penelitian Terkait

Penelitian ini berkaitan dengan penelitian lainnya yang membahas tentang *Ant Colony Optimization* atau pengangkutan sampah. Tabel 2.17 berikut ini akan merincikan beberapa penelitian terkait.

Tabel 2.17 Penelitian Terkait

No	Tahun	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	2011	Raditya Arizal Pranata, Ira Prasetyaningrum S.Si, MT. Ama Fariza S.Kom, M.Kom, Entin Martiana S. Kom, M. Kom	Perancangan Sistem Optimasi Rute Distribusi Pengangkutan Sampah di Surabaya Secara Adatif Menggunakan Metode Algoritma Koloni Semut	Algoritma Koloni Semut	Algoritma Koloni Semut dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan rute terbaik untuk pengangkutan sampah sebagai pengembangan dari TSP (<i>Travelling Salesman Problem</i>), koloni semut bisa melakukan optimasi rute pengangkutan sampah dengan memperhatikan volume yang ada di setiap TPS
2	2011	Jan Alif Kresha, Satna Perdana Arifin ST, M.Ti, Rika Perdana Sari ST, M.Eng	Desain Rute Terpendek untuk Distribusi Koran dengan Algoritma <i>Ant Colony System</i>	<i>Ant Colony System</i>	Pada penelitian ini menunjukkan <i>Ant Colony Optimization</i> dapat digunakan untuk menyelesaikan optimasi kombinatorial. <i>Ant Colony Optimization</i> pada penelitian ini mencari rute terpendek berdasarkan jarak antar pelanggan koran
3	2012	Gunawan, Indra Maryati, Henry	Optimasi Penentuan Rute	<i>Ant Colony Optimization</i>	Penelitian ini menunjukkan <i>Ant Colony</i>

No	Tahun	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
		Kurniawan Wibowo	Kendaraan pada Sistem Distribusi Barang dengan <i>Ant Colony Optimization</i>		<i>Optimization</i> mampu menyelesaikan masalah CVRP berskala besar dan mampu menghasilkan solusi yang mendekati optimal. Selain itu waktu komputasi atau jumlah iterasi <i>Ant Colony Optimization</i> dapat diatur sesuai dengan sumber daya waktu yang dimiliki
4	2012	Andhi Akmal Ismail, Samiadji Herdjuanto, Priyatnandi	Penerapan Algoritma <i>Ant System</i> dalam menemukan jalur optimal pada <i>Travelling Salesman Problem (TSP)</i> dengan kekangan kondisi jalan	<i>Ant System</i>	Penelitian ini menggunakan <i>Ant System</i> yang sudah dimodifikasi dengan memberi kekangan feromon pada tiap ruas yang tidak boleh dilewati dan memberi jarak panjang pada ruas jalan yang tidak boleh dilewati. Hasilnya menunjukkan semut tidak pernah melewati ruas kekangan, baik untuk data <i>Square Grid</i> maupun data data dari TSPLIB95
5	2014	Purbadini, Dyah Herawatie, Rini Semiati	Pengelompokkan Data Pelanggan PDAM Surabaya dengan Algoritma <i>Ant Colony Optimization</i>	<i>Ant Colony Optimization</i>	Penelitian ini menunjukkan <i>Ant Colony Optimization</i> merupakan pendekatan yang lebih baik untuk mencari solusi yang mendekati optimal. Nilai optimal yang digunakan <i>Ant Colony Optimization</i> menggunakan bantuan graf sehingga nilai optimal dapat diperkirakan dengan cepat dan tepat. menggunakan bantuan graf sehingga nilai optimal dapat diperkirakan dengan cepat dan tepat. <i>Ant Colony Optimization</i> memiliki keunggulan waktu pemrosesan yang sangat cepat dan kemampuan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Tahun	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
6	2016	Andri Zarman, Mohammad Irfan, Wisnu Uriawan	Implementasi Algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> pada Aplikasi Pencarian Lokasi Tempat Ibadah Terdekat di Kota Bandung	<i>Ant Colony Optimization</i>	adaptasi dengan graf yang berubah secara dinamis Pada penelitian ini <i>Ant Colony Optimization</i> digunakan untuk menentukan rute terdekat menuju tempat ibadah menggunakan perangkat <i>Smartphone</i> dan menggunakan dukungan web service
7	2016	Mochammad Nur Masrukhan, Mochammad Pionomulyo, Dwi Ajiatmo, Machrus Ali	Optimasi Kecepatan Motor DC menggunakan PID dengan Tuning <i>Ant Colony Optimization Controller</i>	<i>Ant Colony Optimization</i>	Pada penelitian ini menunjukkan PID <i>Ant Colony Optimization</i> sebagai kontroller terbaik dengan <i>setting time</i> tercepat dan <i>Overshot</i> cukup kecil