

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Sistem Informasi

Sistem merupakan kumpulan 2 atau lebih bagian atau komponen yang saling terkait, berhubungan dan berinteraksi, yang artinya saling bekerja sama membentuk satu kesatuan. Pada sistematikanya, sistem informasi melakukan 3 kegiatan dasar, yaitu : input data, pemrosesan data, dan menyediakan output.

Informasi adalah kumpulan dari beberapa data ( data yang tidak memiliki arti ) yang telah diolah sehingga memiliki arti yang lebih mudah dimengerti dan lebih bermanfaat bagi penggunanya. Informasi merupakan sumber kehidupan suatu organisasi. Setiap informasi mempunyai kualitas (*Quantity of Information*) dan untuk menentukan bahwa informasi tersebut berkualitas, bergantung pada 3 hal utama yaitu : keakuratan data yang diperoleh, ketepatan datangnya suatu informasi, dan adanya manfaat dari informasi tersebut bagi penggunanya.

Manajemen mempunyai pengertian mengelola, mengendalikan, mengatur dan mengoptimalkan suatu sumber daya. Jadi sistem informasi digunakan untuk mengolah, mengatur, mengendalikan sumber daya (informasi) sehingga sumber daya tersebut dapat bermanfaat bagi penggunanya.

Sistem informasi manajemen merupakan suatu sistem yang melakukan fungsi-fungsi untuk menyediakan semua informasi yang mempengaruhi semua operasi. Sistem informasi manajemen tergantung dari besar kecilnya suatu organisasi dan dapat terdiri dari beberapa sistem informasi.

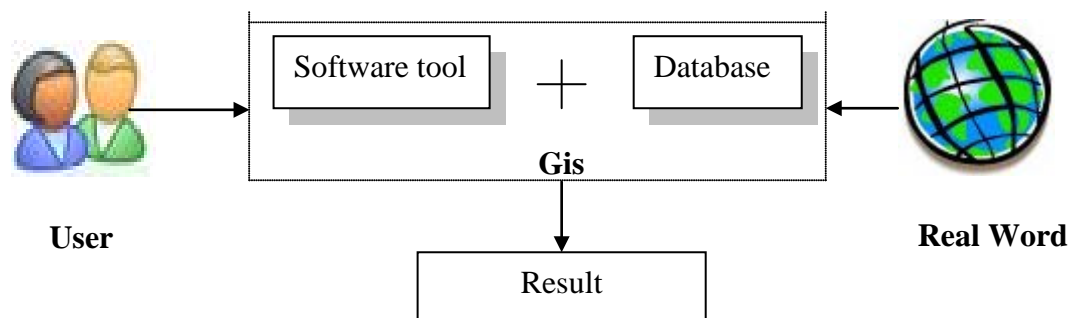
## 2.2 Sistem Informasi Dinas Kesehatan

Sistem Informasi Dinas Kesehatan merupakan komponen sistem yang meliputi apotik, laboratorium umum, dan rumah sakit. Dimana dalam suatu rumah sakit terdapat komponen sistem yang terdiri dari pasien, dokter, dan perawat yang saling berhubungan dan berinteraksi untuk mendukung berjalannya kegiatan manajemen rumah sakit dan pengambilan keputusan mengenai informasi yang dibutuhkan oleh semua komponen rumah sakit maupun masyarakat.

## 2.3 Sistem Informasi Geografi

Otomatisasi Sistem Informasi Geografis dikembangkan pertama kali oleh Canadian. Sistem Informasi Geografis didefinisikan sebagai sistem yang diimplementasikan dengan hardware dan software untuk menyusun, menyimpan, memperbarui / merubah data, memanipulasi, mengolah, menganalisa dan mengkombinasikan data biasa dengan data geografi untuk menghasilkan informasi berkualitas yang berbasis geografi.

Saat ini, perkembangan teknologi digital sangat besar perannya pada perkembangan penggunaan Sistem Informasi Geografi dalam berbagai bidang. Hal ini dikarenakan teknologi Sistem Informasi Geografi banyak mendasarkan pada teknologi digital ini sebagai alat analisis.



Gambar 2.1 Gambaran Sistem Informasi Geografis

Dalam Sistem Informasi Geografis, dunia nyata (*Real word*) dijelaskan dengan menggunakan peta digital (data geografi), yang menjelaskan lokasi suatu tempat dan data atribut ini berupa sebuah table. Kedua tipe data yang berbeda yaitu data geografi dan data attribute yang berbeda disimpan dalam suatu database. Dengan cara tradisional, data geografi ditampilkan dari peta dengan menggunakan simbol, garis dan warna. Banyak peta mempunyai legend yang berisi dan menjelaskan elemen-elemen data geometrik, misalnya : garis hitam tebal untuk jalan besar, garis hitam tipis untuk jalan kecil, dan masih banyak lagi yang lainnya. Peta dapat menampilkan dan menyimpan data geografi dengan efektif, tetapi peta juga mempunyai keterbatasan, yaitu : informasi yang disimpan banyak yang ditampilkan didalam peta dan biasanya untuk keperluan tertentu. Perubahan pada peta jarang sekali terjadi karena hampir selalu berbeda diantara kebutuhan pemakai yang banyak. Sedangkan user, dalam melakukan analisisnya terhadap informasi geografis yang ada juga membutuhkan perangkat keras komputer dan perangkat lunak pendukung.

Sistem Informasi Geografis bekerja dengan menggunakan referensi data dengan bentuk geografi. Bentuk data yang digunakan dalam Sistem Informasi Geografis adalah bentuk data spasial. Data spasial berupa layer yang dapat disusun menjadi satu kesatuan.

Data spasial terdiri dari :

1. Peta

Spasial data menyimpan data dalam bentuk gambar secara fisik, sehingga diperlukan proses scanning gambar peta. Tipe yang ada berupa titik

(tidak mempunyai linier), garis (tidak memiliki dimensi), area/polygons (bersifat 2 dimensi dan dibatasi oleh garis yang mengelilingi area tersebut).

## 2. Data Vektor

Posisi dari peta yang terdiri dari X, Y, Z. Format vektor berbentuk garis yang dapat menggambarkan lokasi dan batas wilayah secara tepat.

## 3. Data Raster

Merupakan gambar peta secara general seperti pixel yang disimpan dalam matrix grid. Data ini dapat menjelaskan lebih detail dari data vektor setelah semua pixel disimpan dalam matrik grid.

Sistem Informasi Geografis biasanya digunakan untuk masalah dalam skala daerah yang luas, dan banyak diaplikasikan oleh semua bidang kegiatan usaha dengan permasalahan yang luas.

Data geografi dapat disimpan dalam format vektor dan raster. Menggunakan format vektor 2 dimensi, data dapat disimpan dalam koordinat (x,y). Oleh karena itu Sistem Informasi Geografis dapat :

1. Menerima gambar geografi yang dimasukkan dengan scanner dan digital maps image.
2. Dapat melakukan manipulasi data geografi untuk tujuan berbeda.
3. Dapat memasukkan data base manajer terutama relational data base manajemen sistem.
4. Dapat menampilkan hasil secara visual terutama peta dan grafik.

Beberapa software yang dapat digunakan dalam sistem informasi geografis ini meliputi :

### 1. Arc View

Arc View merupakan salah satu software pengolah data-data spasial yang cukup handal. Dengan didukung oleh berbagai kemampuannya, arc view mampu menangani berbagai perolehan, pengolahan hingga penyajian informasi data.

### 2. Arc Info

Arc Info merupakan salah satu software yang digunakan untuk mengoptimalkan, menganalisa dan menampilkan data geografi.

### 3. JShape

JShape merupakan komponen software berbasis java yang memberikan izin untuk menambah pemetaan dalam aplikasi yang dibuat khususnya yang berbasis web.

Pengolahan data spasial merupakan hal yang penting dalam pengelolaan lingkungan. Pengelolaan yang tidak benar dapat menimbulkan berbagai dampak yang merugikan. Bencana dalam skala besar dan kecil merupakan contoh dari sistem pengelolaan data spasial yang tidak terencana dan terorganisir dengan baik. Pengelolaan lahan selalu memanfaatkan berbagai data, baik data spasial terestris maupun data penginderaan jauh.

Pengolahan data spasial banyak memanfaatkan berbagai teknologi baik dalam penyediaan, penyimpanan, pengolahan, atau penyajian data. Pemanfaatan teknologi ini dimaksudkan untuk peningkatan akurasi dan efektivitas sistem

pengolahan itu sendiri. Teknologi yang banyak digunakan dalam hal ini adalah teknologi yang terkait dengan sistem informasi geografis.

#### **2.4 Sistem Informasi Geografi Dalam Bidang Medis**

Kemajuan teknologi yang ada sekarang ini telah dimanfaatkan oleh Sistem Informasi Geografi untuk bergerak dalam bidang medis. Kehandalan sistem informasi geografi salah satunya digunakan dalam melakukan visualisasi dan analisis pada data epidemiologi, dan selanjutnya dimanfaatkan oleh para administrator untuk melakukan proses perencanaan, analisis, *monitoring* dan manajemen terhadap kesehatan. Pada suatu literature yang diterbitkan oleh Dr.C.P Johnson dan Dr. Jasmine, dijelaskan bahwa SIG sangat berperan terhadap proses analisis data epidemiologi. Beberapa informasi jika digambarkan secara bersamaan dapat membentuk suatu alat manajemen monitoring kesehatan dan juga program yang digunakan untuk mengawasi kesehatan manusia secara menyeluruh. Software gabungan dari SIG dengan bidang medis ini, menurut GeoHealth, dapat membantu memvisualisasikan data pada kliniknya. Informasi kesehatan sangat berhubungan dengan representasi grafik dari tubuh manusia dan untuk mengetahui letak (secara geografis) penyakit yang sedang diderita (Dr.C.P.Johnson & Dr.Jasmine, 2001).

Yang disebut sebagai manajemen data dalam hal ini adalah SIG dapat digunakan untuk menggambarkan, menyimpan dan memegang kendali secara geografis, kemampuan SIG melakukan eliminasi terhadap duplikasi data, serta kemampuan SIG dalam melakukan proses pemantauan terhadap temperatur udara,

penggunaan lahan dari satelit. Dalam bidang kesehatan bisa dicontohkan dalam pemantauan proses operasi pada tubuh manusia secara terkomputerisasi.

SIG dapat melakukan visualisasi terhadap informasi maksudnya SIG mampu melakukan generate terhadap suatu peta thematic, melakukan pewarnaan terhadap simbol untuk menentukan dan membedakan vector suatu object (Gatis and Ord, 1998). Dalam bidang kesehatan dapat dicontohkan pada adanya survey yang dilakukan di India pada penderita penyakit malaria, dimana SIG berperan dalam melakukan pencarian lokasi penyebaran penyakit tersebut. Kesimpulannya: dengan SIG, pengguna dapat memvisualisasi dan menganalisa suatu area studi berdasarkan lokasi unsur geografis tertentu (Vinogradov et al, 2000 ).

Dalam bidang kesehatan, kemampuan SIG dapat juga dikenali dari fungsi-fungsi analisis yang dapat dilakukannya. Secara umum, terdapat dua jenis fungsi analisis yaitu fungsi analisis spasial dan fungsi analisis atribut (basis data atribut). Sebagai contoh adalah proses pengklasifikasian terhadap suatu penyakit. Beberapa aplikasi bidang medis dengan SIG :

- a. Pencarian secara geografis pendistribusian obat-obatan.
- b. Peramalan (forecast) terhadap musim penyakit.
- c. Pencarian lokasi rumah sakit terdekat.
- d. Penginformasian kesehatan yang digambarkan secara geografis pada suatu internet, dll.

## 2.5 Sistem Informasi Geografi Sebagai Basis Data

SIG dimulai dengan penggunaan tools yang sangat terbatas baik jumlah maupun kemampuannya. Tetapi saat ini SIG dikembangkan dengan menggunakan sistem manajemen basis data yang telah lahir sebelumnya. Hal mengenai sedikit kemudahan didalam pengembangan SIG dengan DBMS ini dapat dijelaskan dengan beberapa fakta bahwa biaya DBMS yang telah hadir dipasaran telah mendominasi biaya keseluruhan perangkat lunak sistem (termasuk SIG) dan banyaknya sistem penanganan yang dilakukan oleh DBMS untuk menangani fungsi-fungsi dan prosedur yang sangat diperlukan SIG. Beberapa DBMS menggunakan beberapa asumsi mengenai data-data yang ditanganinya. Untuk mengefektifkan penggunaan DBMS, maka asumsi ini haru dipenuhi. Beberapa tipe DBMS lebih sesuai untuk SIG daripada tipe-tipe yang lain karena DBMS memiliki asumsi yang sesuai untuk data spasial SIG yang bersangkutan. Pada umumnya, terdapat dua pendekatan untuk menggunakan DBMS didalam SIG.

Yang pertama adalah pendekatan solusi DBMS total. Pada pendekatan ini, semua data spasial dan non spasial diakses melalui DBMS sehingga data-data tersebut harus memenuhi asumsi-asumsi yang telah ditentukan oleh perancang DBMS-nya.

Yang kedua adalah pendekatan solusi kombinasi. Pada pendekatan ini, beberapa data diakses melalui DBMS karena data-data tersebut telah sesuai dengan modelnya. Sistem seperti ini biasanya mengadopsi 2 sistem basis data, yang pertama untuk data spasial yang dikelola oleh sistem basis data yang secara khusus dirancang untuk data spasial (Arc pada Arc Info) dan yang kedua untuk



data non spasial yang dikelola oleh sistem basis data yang khusus dirancang untuk data non spasial (info pada Arc Info).

## 2.6 Sistem Semut

Optimasi koloni semut merupakan sistem cerdas yang diinspirasi oleh perilaku semut dan koloninya, yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi diskrit (Marco Dorigo, 1996). Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh Marco Darigo pada tahun 1992 yang kemudian dinamakan dengan sistem semut. Sistem semut merupakan hasil dari penelitian dalam bidang komputasi cerdas yang digunakan untuk mendekati permasalahan optimasi kombinatorial, yang dalam hal ini digunakan dalam permasalahan pencarian rute terpendek. Karakteristik utama dari model ini adalah :

- a. Feedback Positive, yaitu menghitung penemuan solusi secara tepat dan mudah.
- b. Penghitungan alur yang terdistribusi.
- c. Penggunaan konsep Greedy Heuristic, yang digunakan untuk membantu menemukan solusi yang cocok dalam pengaturan sejak awal proses pencarian.

Beberapa kelebihan dalam penggunaan algoritma heuristik dalam sistem adalah :

- a. Serbaguna, yaitu dapat digunakan untuk versi serupa dari masalah yang sama, sebagai contoh masalah penyebaran perjalanan salesman secara asymmetric.

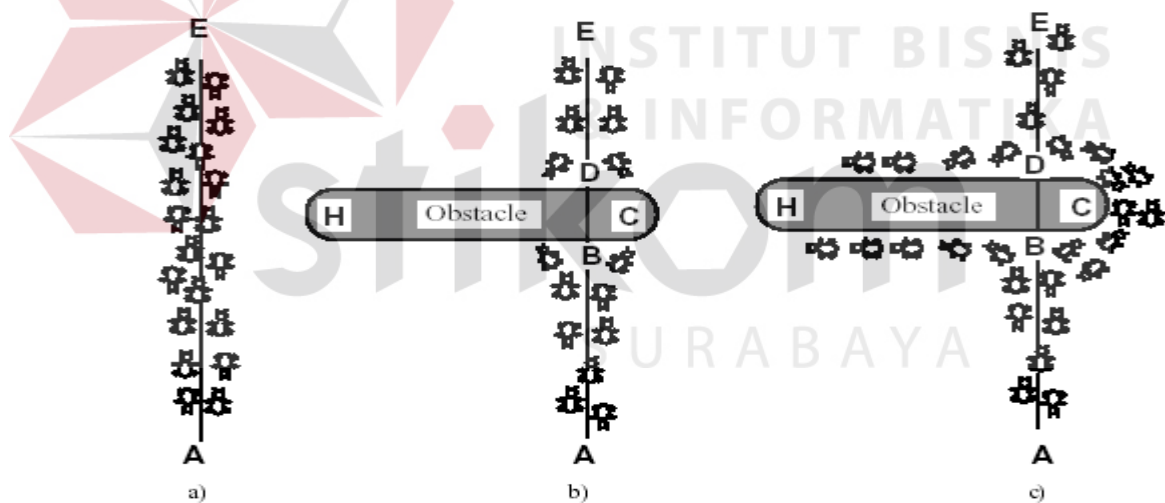
- b. Handal, dapat digunakan hanya dengan perubahan minimal untuk masalah optimasi kombinatorial yang lain seperti Quadratic Assignment Problem (QAP).
- c. Pendekatan berdasarkan jumlah pertumbuhan, ini menarik karena memperbolehkan eksploitasi sebuah mekanisme pencarian.

Sifat ini mengimbangi dengan fakta bahwa untuk beberapa aplikasi, sistem semut dapat menjadi *autoperformed* khususnya pada algoritma.

Penelitian perilaku semut sesungguhnya sangat mengilhami kerja manusia. Salah satu masalah yang dipelajari oleh *ethologist* adalah memahami bagaimana binatang yang hampir buta seperti semut dapat mengatur jalur terpendek dari sarang dan sumber makanan misalnya. Setelah melakukan beberapa penelitian, ditemukanlah jawaban dari masalah tersebut yaitu adanya jejak feromon dari perjalanan semut. Semut yang berjalan meninggalkan feromon dalam jumlah yang berbeda ditanah dan kemudian jalur ditandai dengan substansi ini. Sementara semut yang terisolasi bergerak secara random, semut yang menemukan jejak feromon pada suatu persimpangan mempunyai probabilitas yang sama dalam memilih jalur. Semut yang telah melewatinya akan meninggalkan jejak feromon lagi. Sehingga muncul perilaku *autocatalytic* dimana semut lebih banyak memilih mengikuti sebuah jalur dengan banyak feromon, yang prosesnya kemudian digolongkan sebagai *positive feedback loop* dimana probabilitas dengan jalur yang dipilih oleh semut meningkat dengan jumlah semut yang sebelumnya telah memilih jalur yang sama.

Langkah secara umum tentang algoritma ini, digambarkan pada suatu jalur dimana semut (ant) melakukan perjalanan dari sumber makanan (A) ke

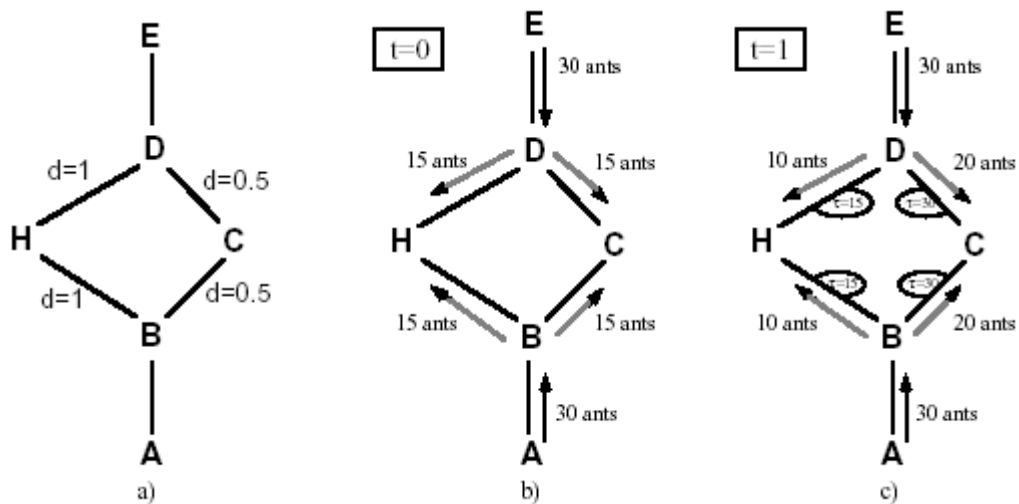
sarang (E), digambarkan pada sample a), dengan sedikit penghalang (obstacle) yang memotong jalur perjalanan semut, yang digambarkan pada sample b). Pada posisi B dimana semut berjalan dari A menuju E (atau pada posisi D dari arah yang berlawanan ) mempunyai suatu percabangan arah untuk melewati jalur kanan atau kiri, pada sample b). Jalan yang akan dipilih dipengaruhi oleh intensitas *feromon* dari jejak semut yang telah mendahului. Level tertinggi dari *feromon* berada pada jalur sebelah kanan yang memberikan stimulus yang kuat untuk melewati jalur sebelah kanan. Saat pertama kali semut mencapai point B (atau D) mempunyai kemungkinan yang sama untuk melangkah ke jalur kanan atau kiri. Karena jalur BCD lebih dekat dari pada jalur BHD, maka semut akan memilih jalur BCD sebagai alternatif jalan yang dilalui (Marco Dorigo, 1996).



Gambar 2.2 Alur Perjalanan Semut

Sesuai dengan proses yang ada, maka algoritma ini disebut sebagai algoritma ant colony (algoritma koloni semut).

Jika diimplementasikan dengan penghitungan dan gambaran yang lebih sederhana, diperoleh gambaran sebagai berikut :



Gambar 2.3 Gambaran Sistem Koloni Semut

Penjelasan dari gambar diatas :

- i. Penginisialisasian jarak pada graph.
- ii. Saat  $t=0$  tidak ada rintangan yang ada, kemudian setelah terdapat rintangan, akan dipilih jalur kanan atau kiri yang akan ditempuh dengan jumlah probabilitas semut sama.
- iii. Saat  $t=1$  semut sudah mulai banyak yang memilih jalur yang terpendek.

Dari persoalan diatas dapat dijabarkan pada suatu perumusan dengan menggunakan beberapa variable, seperti disebutkan dibawah ini :

$d_{ij}$  = jarak path antara i sampai j dengan rumus pencarian :

$$d_{ij} = [(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2]^{1/2}$$

$b_i(t)$  ( $i=1, \dots, n$ ) merupakan jumlah pengguna jalur pada tempat i, waktu ke t

$m = \sum_{i=1}^n b_i(t)$  merupakan rumus penghitungan total jumlah pengguna jalur.

$\tau_{ij}(t)$  = intensitas gangguan pada jalur (i,j) pada waktu ke t.

rumus yang digunakan untuk menghitung intensitas gangguan :

$$\tau_{ij}(t+n) = \rho \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}$$

keterangan :

$\rho$  = koefisien *evaporasi* dari gangguan yang diilustrasikan dengan  $(1-\rho)$  diantara  $t$  dan  $t+n$ .

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k$$

keterangan :

$\Delta\tau_{ij}^k$  = merupakan jumlah unit gangguan pada jalur  $(i,j)$

$t$  = waktu diantara  $t$  dan  $t+n$

$k$  = jumlah pengguna jalur yang melewati jalur yang berbeda

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k} \\ 0 \end{cases}$$

keterangan :

$Q$  = constanta

$L_k$  = panjang jalur yang ditempuh  $k$ -th pengguna jalur.

Rumus pendefinisian probabilitas dari path  $i$  ke  $j$  untuk  $k$ -th pengguna jalur :

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \text{allowed}_k} [\tau_{ik}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ik}]^\beta} & \text{if } j \in \text{allowed}_k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

keterangan :  $\eta_{ij}$  = visibilitas dari quantitas  $1/d_{ij}$

$\alpha, \beta$  = parameter rintangan.

## 2.7 Sistem Semut Buatan

Artificial Ant Colony System atau yang disebut sebagai sistem koloni semut bantuan adalah sistem berbasis agen yang mensimulasikan tingkah laku asli semut dan membangun mekanisme saling bekerja sama dan pembelajaran. Ant Colony System pertama kali ditemukan oleh Dorigo (1996) sebagai pendekatan baru untuk memecahkan masalah optimasi kombinatorial. Pendekatan baru ini disebut sebagai Ant Colony Optimization (ACO). Ant Colony Optimization yang dikenal handal dalam membantu memecahkan permasalahan kombinatorial, juga disebut sebagai proses pendekatan berbasis populasi, yaitu mekanisme umpan balik tambahan diantara para agen dalam hal ini semut.

Semut-semut buatan akan bertindak sebagai agen-agen yang menirukan tingkah laku semut asli. Namun demikian perlu diperhatikan bahwa sistem koloni semut buatan punya beberapa perbedaan dengan sistem koloni semut asli :

1. Semut-semut buatan mempunyai ingatan
2. Semut-semut buatan tidak sepenuhnya buta
3. Semut-semut buatan hidup pada lingkungan dimana waktu adalah diskrit.

Sebaliknya sebuah sistem koloni semut buatan mempunyai beberapa karakteristik yang diadaptasi dari sistem koloni semut asli :

1. Semut-semut buatan mempunyai probabilitas acuan bagi setiap rute dengan jumlah feromon yang lebih besar.
2. Rute yang lebih pendek cenderung mempunyai tingkat perkembangan jumlah feromon yang lebih cepat.
3. Semut-semut menggunakan komunikasi secara tidak langsung melalui jumlah feromon yang tertinggal di setiap rute.

Ide dasarnya adalah ketika 1 ekor semut harus memilih diantara dua atau lebih rute, maka rute yang lebih sering dipilih oleh semut-semut lain sebelumnya akan mempunyai probabilitas lebih besar untuk dipilih oleh semut tersebut, sehingga jejak dengan jumlah feromon lebih besar sama artinya dengan rute yang lebih pendek.

Pada intinya sebuah sistem koloni semut secara iterasi melakukan sebuah perulangan yang berisi 2 prosedur dasar, antara lain :

1. Sebuah prosedur yang menentukan bagaimana semut-semut membangun atau memodifikasi solusi dari permasalahan yang sedang dipecahkan.
2. Sebuah prosedur untuk memperbarui jumlah feromon.

Pembangunan solusi dikerjakan dengan cara probabilitas. Probabilitas penambahan sebuah item pada solusi parsial saat ini dihitung dengan fungsi yang bergantung pada problem dependent ( $\eta$ ) dan jumlah feromon ( $\tau$ ) yang ditinggalkan oleh semut-semut sebelumnya. Perubahan jumlah feromon diimplementasikan dengan sebuah fungsi yang bergantung pada penguapan /

penurunan jumlah feromon dan pada kualitas dari solusi yang dihasilkan untuk merealisasikan sebuah system koloni semut buatan haru ditetapkan sebagai berikut (Bonabeau et al.,1999) :

1. Sebuah representasi yang tepat bagi permasalahan yang memungkinkan semut-semut untuk membangun atau memodifikasi solusi kearah yang lebih baik melalui penggunaan aturan probabilitas transisi berdasarkan pada jumlah jejak feromon dan pada sebuah pendekatan local.
2. Sebuah fungsi pendekatan ( $\eta$ ) yang mengukur kualitas daripada item yang bias ditambahkan pada solusi parsial ini.
3. Sebuah metode yang memaksa pembangunan solusi yang benar yaitu solusi yang sah dalam dunia nyata sesuai dengan permasalahan yang ditetapkan.
4. Sebuah aturan untuk memperbarui jumlah feromon yang menentukan bagaimana memodifikasi jejak feromon ( $\tau$ ).

Sebuah aturan probabilitas transisi berdasarkan pada nilai fungsi pendekatan ( $\eta$ ) dan pada isi dari jejak feromon ( $\tau$ ).

## 2.8 Algoritma Koloni Semut

Step 1 : Inisialisasi

Set  $t:=0$                       {t adalah time counter}

Set  $n:c=0$                     {NC adalah Cycles Counter}

Untuk setiap busur ( $i,j$ ) set sebuah initial value  $\tau_{ij} =c$  untuk intensitas jalur dan  $\Delta \tau_{ij} = 0$ .

Letakkan m semut pada simpul n.



Step 2 : Set  $s:=1$

For  $k :=1$  to  $m$  do

Letakkan daerah awal dari semut ke- $k$  dalam  $\text{tabu}_k$  ( $S$ ).

Step 3 : Repeat until tabu list penuh {langkah ini akan diulang  $(n-1)$ kali}

Set  $s:=s+1$

For  $k :=1$  to  $m$  do

Pilih kota  $j$  untuk bergerak, dengan probabilitas  $\rho_{ij}^k(t)$  diberikan pada persamaan :

$$\rho_{ij}^k(t) = \frac{([\tau_{ij}(t)]^\alpha) \cdot ([\eta_{ij}]^\beta)}{([\tau_{ik}(t)]^\alpha) \cdot ([\eta_{ik}]^\beta)}$$

{pada saat  $t$  semut ke  $k$  berada pada kota  $i = \text{tabu}_k(s-1)$ }

pindahkan semut ke  $k$  ke kota  $j$

sisipkan kota  $j$  dalam  $\text{tabu}_k(s)$ .

Step 4 : for  $k:=1$  to  $m$  do

Pindahkan semut ke  $k$  dari  $\text{tabu}_k(n)$  ke  $\text{tabu}_k(1)$ .

Hitung jarak  $L_k$  dari tour yang dibuat oleh semut ke  $k$ .

Perbarui rute terpendek yang sudah ada untuk tiap busur  $(i,j)$ .

For  $k:=1$  to  $m$  do

$$\Delta \tau_{ij} \begin{cases} \frac{Q}{L_k} & \text{jika } (i,j) \in \text{tour yang dibuat oleh semut} \\ 0 & \text{, sebaliknya.} \end{cases}$$

$$\tau_{ij} = \Delta \tau_{ij} + \Delta \tau_{ij}^k ;$$

Step 5: untuk setiap busur  $(i,j)$  hitung  $\tau_{ij}(t+n)$  sesuai dengan persamaan :

$$\tau_{ij}(t+n) = \rho \cdot \tau_{ij}(t) + \tau_{ij}$$

Set  $t := t+n$

Set  $NC := NC+1$

Untuk setiap busur  $(i,j)$  set  $\Delta \tau_{ij} := 0$

Step 6 : if  $(NC < NC \text{ max})$  and (not stagnation behavior) then

Kosongkan semua tabu list

Go to step 2

Else

Print rute terpendek

Stop.

