

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Layanan darurat mempunyai tujuan dalam mengirimkan kendaraan darurat kepada korban/pasien, yaitu segera memberikan pertolongan pertama sebelum kondisi pasien memburuk atau bertambah parah (Li dkk., 2020) (Najafi dkk., 2014). Pasien dibawa ke Layanan Darurat terdekat dari lokasi kejadian agar mendapatkan layanan yang selanjutnya, ini sangat memberikan pengaruh dalam mengurangi kematian di sebuah negara (Yoon dan Albert., 2020) (Liu dkk., 2017).

Keperluan ambulan sangat dibutuhkan dalam menekan jumlah kematian di dunia, untuk itu perlu adanya optimasi pencarian rute terdekat agar ambulan bisa cepat sampai di tempat korban/pasien dan mengantar pasien ke layanan darurat (Talarico dkk., 2015). Pada permasalahan pencarian rute terdekat banyak pendekatan yang ditawarkan salah satunya pendekatan metaheuristik seperti algoritma genetik dan Koloni Semut. Algoritma Koloni Semut memiliki ketahanan yang kuat dalam pencarian rute yaitu dengan meninggalkan jejak pada rute yang pernah ditelusuri, kemampuan beradaptasi yang baik, mudah digabungkan dengan algoritma lain (Zhang dan Xiong, 2018) (Zhang, 2019).

Algoritma Koloni Semut mampu memberikan rute terpendek dengan mengimplementasikannya pada sistem Google Maps API (*Application Programming Interface*) dengan memberikan *nodes* di peta yang menandakan lokasi rumah sakit, kemudian mencari nilai feromon di setiap titik penghubung dari lokasi awal ke lokasi tujuan sehingga akan memberikan rute terpendek (Widiastuti, 2013). Algoritma Koloni Semut memiliki kemampuan yang baik dalam menentukan lokasi terdekat berdasarkan rute, Koloni Semut juga memiliki kemampuan beradaptasi yang baik, mudah digabungkan dengan algoritma lain (Zhang, 2019).

Algoritma Koloni Semut telah berhasil diterapkan untuk memecahkan berbagai masalah optimisasi kombinatorial yang berbeda, misalnya, masalah rute kendaraan sehingga masalah optimisasi dinamis sangat menantang karena tujuan dari suatu algoritma tidak hanya untuk menemukan yang optimal dari masalah dengan cepat, tetapi juga secara efisien melacak optimal yang bergerak ketika perubahan terjadi (Mavrovouniotis dan Yang, 2015).

Analytical Hierarchy Process atau AHP dikembangkan untuk mempertimbangkan faktor berwujud dan tidak berwujud untuk membuat keputusan terbaik melalui perbandingan pairwise dan AHP adalah sistem pengambilan keputusan yang paling banyak diterapkan, dan telah digunakan dalam pengambilan keputusan oleh banyak organisasi, termasuk Xerox, NASA, Air Force Medical Services, IBM dan Departemen Pertahanan. TOPSIS merupakan dasar pemikiran manusia dalam penilaian dan TOPSIS mempertimbangkan jarak terhadap solusi ideal positif dan jarak terhadap solusi ideal negatif secara bersamaan. pada perencanaan rute aman, alternatif terbaik dan terburuk untuk masing-masing kriteria (waktu, jarak dan keselamatan) diketahui, TOPSIS diasumsikan menunjukkan hasil yang menjanjikan dan memberikan hasil yang baik (Sarraf and McGuire, 2020).

AHP-TOPSIS telah digunakan secara luas dan efektif untuk berbagai keperluan dalam pemilihan lokasi, dan mengukur kualitas layanan. Pendekatan pengambilan keputusan multi-kriteria dua tahap, yang menggabungkan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), diusulkan untuk mengukur kualitas layanan angkutan bus. Tahap pertama dari metodologi yang diusulkan melibatkan penggunaan AHP untuk menentukan prioritas setiap atribut kualitas layanan dari sudut pandang penumpang. Metode ini sangat efektif untuk mengukur dan menentukan peringkat kualitas layanan dari rute transit bus dibandingkan dengan metodologi lain (Guner, 2018). Penelitian AHP-TOPSIS yang dikerjakan oleh Efendi Nasiboglu dkk pada tahun 2015 juga menjelaskan bahwa metode AHP-TOPSIS mampu memberikan penilaian yang konsisten dan akurat dalam memberikan pencarian rute berdasarkan

beberapa faktor seperti kemacetan, pencarian jalan yang efektif dan efisiensi waktu yang lebih baik pada transportasi umum (Nasiboglu dkk.,s 2015).

Penelitian ini digunakan karena melihat kelebihan dari ketiga metode sebelumnya berdasarkan literatur yang ada, maka pada penelitian ini mencoba mengembangkan sebuah sistem informasi pelacakan Layanan Darurat tercepat menggunakan pendekatan koloni semut dan AHP-TOPSIS

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pelacakan

Pelacakan adalah kegiatan untuk memantau keberadaan kendaraan berdasarkan posisi yang diperoleh dari peralatan pelacak. Terdapat banyak cara yang dapat digunakan untuk melakukan pemantauan, salah satunya adalah dengan menggunakan GPS, dengan ini dapat diketahui keberadaan kendaraan berdasarkan posisi latitude dan longitude, sehingga dari posisi latitude dan longitude tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk peta (Hasanuddin, 2007). Ada 2 tipe alat yang digunakan untuk pelacakan, yaitu:

1. Pelacakan Pasif

Pelacakan pasif adalah informasi lokasi, kecepatan, arah dan lainnya dari sebuah alat yang akan diunduh ke komputer lalu dilakukan evaluasi terhadap data tersebut.

2. Pelacakan Aktif

Pelacakan aktif adalah informasi lokasi, kecepatan, arah dan lainnya dari sebuah alat yang akan langsung dikirimkan kepada komputer server secara langsung melalui jaringan selular atau satelit.

2.2.2. Koloni Semut

Algoritma koloni semut merupakan algoritma yang terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari makan. Semut menggunakan feromon untuk berkomunikasi dan memberikan informasi atau pengetahuan untuk individu, antar individu, dan lingkungan. Feromon adalah suatu zat kimia khusus yang ada dalam semut untuk saling berbagi informasi. Algoritma koloni semut merupakan algoritma adaptif

kontinyu karena semut dapat mengirimkan informasi yang berguna dari informasi sebelumnya dan beradaptasi dengan perubahan yang dinamis. Algoritma ini dikembangkan oleh Dorigo dan Coloni, koloni semut diterapkan pertama kali dalam permasalahan perjalanan salesman (TSP) (Dorigo dan Stutzle, 2004).

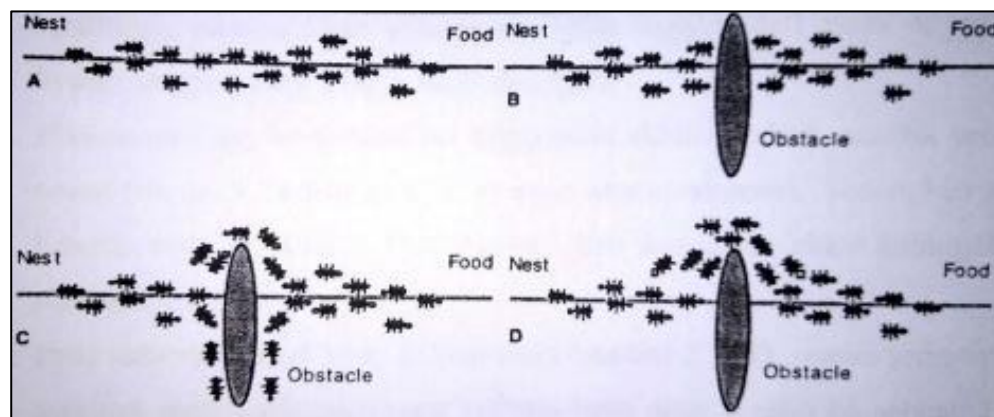
2.2.2.1. Cara Kerja Algoritma Koloni Semut

Semut akan berkeliling secara acak saat dalam mencari makanan, ketika ada semut yang menemukan sebuah makanan dan kembali ke koloninya dengan memberikan sebuah tanda yang disebut feromon dan jika semut-semut lain menemukan tanda dari jalur tersebut maka mereka tidak akan berpergian secara acak lagi untuk mencari makanan. feromon meropidan sat kami yang betrayal dari kalenjer endokrin yang digunakan untuk mengenali sesame jenis, individu maupun kelompok. Proses semut dalam meninggalkan jejak feromon yang keluar dari badannya disebut sebagai proses memodifikasi lingkungan yang bertujuan untuk memberikan tanda pada jalan pulang dan berkomunikasi. Semut akan memilih rute yang dilalui dari tingkat kensentrasi feromon. feromon bisa mengalami penguapan, semakin lama seekor semut pulang pergi melewati sebuah rute maka semakin banyak pula feromon yang akan menguap, tetapi sebaliknya jika semakin cepat semut pulang pergi maka penguapan pada sebuah rute semakin sedikit.

Penguapan feromon juga memiliki keuntungan untuk mencegah konvergensi pada penyelesaian optimal secara lokal, jika tidak ada penguapan sama sekali, jalur pertama yang dipilih semut akan cenderung menarik perhatian semut-semut lain untuk mengikutinya. Seekor semut ketika menemukan jalur yang bagus atau jalur yang pendek dari sarang ke sumber makanan membuat semut lain akan mengikutinya. Algoritma koloni semut merupakan sebuah Teknik untuk meniru perilaku semut, ini merupakan gambaran perilaku semut saat mencari makanan dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Berdasarkan Gambar 2.1 cara kerja algoritma Koloni Semut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap pertama: Semut berpergian secara acak dalam mencari makanan dari sarang ke tempat makanan, setelah menemukan makanan semut yang lain (koloni) akan mengikuti jalur yang sudah terbentuk (Gambar 2.1 A);
2. Tahap kedua: Jika rute yang telah terbentuk mendapatkan hambatan yang membuat jalur menjadi dua maka semut-semut akan ada yang memilih jalur atas dan jalur bawah (Gambar 2.1 B);
3. Tahap ketiga: Semut mendapatkan makanan mereka kembali dengan meninggalkan jejak feromon;
4. Tahap keempat: Semut yang melewati jalur atas akan menempuh jalur yang lebih cepat sehingga semut yang melewati jalur atas menjadi lebih banyak dan meninggalkan feromon jadi lebih banyak daripada jalur bawah (Gambar 2.1 C);
5. Tahap kelima: feromon yang tinggi akan membuat semut-semut lain tertarik dan membuat semut mengambil jalur yang diatas (Gambar 2.1 D);
6. Tahap keenam: Semut yang menempuh jalur berbeda akan kembali mendapatkan jalur tunggal dari sarang ke tempat makanan.



Gambar 2.1 Cara Kerja Koloni Semut (Dorigo dan Stutzle, 2004)

2.2.2.2. Algoritma Koloni Semut atau *Ant Colony Algorithm*

Algoritma ini tersusun dari sejumlah semut yang digunakan dalam rute dan meninggalkan tanda feromon. Pertama inialisasikan parameter-parameter yang digunakan pada Koloni Semut seperti dibawah ini:

1. Intensitas jejak semut awal antar titik dan perubahannya (τ)

2. Banyak lokasi (n) dan jarak antar lokasi (d_{rs})
3. Lokasi awal (r) dan lokasi akhir (b)
4. Tetapan pengendali intensitas feromon (α), nilai $\alpha \geq 0$
5. Banyak semut (m)
6. Tetapan pengendali penguapan jejak semut (ρ), nilai ρ harus > 0 dan < 1 untuk mencegah jejak feromon yang tak terhingga.

τ merupakan nilai feromon awal yang diberikan pada setiap titik persimpangan dari setiap jalur yang dilewati mulai dari titik awal (r) sampai titik tujuan (s) oleh semut (m) untuk membuat solusinya pemilihan lokasi. Pada saat membuat rute, setiap semut akan memodifikasi feromon yang terdapat pada setiap titik yang dilewati disebut dengan pembaruan feromon lokal ($\tau_{r,s}$) dengan menggunakan rumus :

$$\tau_{rs} = (1 - \rho) \cdot \tau + \rho \cdot \Delta\tau_{rs} \quad (2.1)$$

$$\Delta\tau_{rs} = 1/d \cdot m \quad (2.2)$$

Keterangan:

τ_{rs} = Nilai feromon lokal

ρ = Nilai tetapan pengendali penguapan jejak semut

τ = Nilai feromon awal pada setiap jalur

$\Delta\tau_{rs}$ = Nilai feromon yang telah dihasilkan oleh semut dari setiap titik persimpangan

r = Lokasi awal lokasi

s = Lokasi tujuan (persimpangan)

Tahap selanjutnya setelah semua semut mengakhiri perjalanannya, feromon yang terdapat pada titik yang dituju akan dimodifikasi lagi menjadi feromon global, dengan rumus:

$$\tau_{rb} = (1 - \alpha) \cdot \tau_{rs} + \alpha \cdot \Delta\tau_{rb} \quad (2.3)$$

$$\Delta\tau_{rb} = \frac{1}{L_{rb}} \quad (2.4)$$

Keterangan:

τ_{rb} = Nilai feromon global

α = Nilai tetapan pengendali intensitas jejak semut

τ_{rs} = Nilai feromon lokal

$\Delta\tau_{rb}$ = Nilai feromon yang telah dihasilkan oleh semut dari seluruh rute

L_{rb} = Panjang seluruh rute

r = Lokasi awal lokasi

b = Lokasi akhir

Pada algoritma Koloni Semut, semut membuat rute menggunakan informasi feromon untuk memilih setiap titik lokasi dengan jarak pendek dan menentukan titik lokasi yang dituju berdasarkan feromon yang tinggi. Semut akan memilih jalur berdasarkan nilai feromon dengan kondisi nilai feromon lokal lebih rendah daripada feromon global. Pembaruan feromon lokal dan global diarahkan untuk membuat pemberian rute dengan feromon yang banyak pada titik lokasi yang dilewati. Nilai yang diperoleh pada perhitungan disini akan digunakan pada metode TOPSIS untuk melakukan perankingan pada setiap rute yang ada pada pemilihan layanan darurat.

Algoritma Koloni Semut memiliki tiga karakteristik utama yang mendasari solusi pencarian rute terpendek, yaitu:

1. Aturan Transisi Status: Ini merupakan penentuan atau pemilihan titik lokasi yang akan dituju seperti Layanan Darurat atau lokasi pasien untuk membangun sebuah rute
2. Pembaruan feromon lokal: Saat kendaraan melewati sebuah titik persimpangan maka kendaraan akan melakukan perubahan feromon, sehingga titik ini akan menarik untuk dilewati.
3. Pembaruan feromon global: saat kendaraan telah selesai menyelesaikan rutanya, maka setiap titik lokasi persimpangan akan menjadi rute yang memiliki lintasan terpendek

2.2.3. AHP

Analytical Hierarchy Process atau AHP adalah sebuah metode untuk memeringkat alternatif keputusan dan memilih yang terbaik dengan beberapa kriteria. AHP mengembangkan satu nilai numerik untuk memeringkat setiap alternatif keputusan, berdasarkan pada sejauh mana tiap-tiap alternatif memenuhi kriteria pengambil keputusan. (Guner, 2018). Pada penelitian ini metode AHP digunakan untuk melakukan nilai pembobotan pada setiap kriteria pemilihan Layanan Darurat sehingga mendapatkan dasar bobot pada setiap kriteria yang digunakan pada TOPSIS. Nilai yang digunakan sebagai perbandingan bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Standar Nilai Perbandingan

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Sama Pentingnya	Kedua elemen memiliki pengaruh yang sama
3	Sedikit Lebih Penting	Pengalaman dan penilaian sangat memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya.
5	Lebih Penting	Satu elemen sangat disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata, dibandingkan dengan elemen pasangannya.
7	Sangat Penting	Satu elemen terbukti sangat disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata, dibandingkan dengan elemen pasangannya.
9	Mutlak Lebih Penting	Satu elemen terbukti mutlak lebih disukai dibandingkan dengan pasangannya, pada keyakinan tertinggi
2,4,6,8	Nilai Tengah	Diberikan bila terdapat keraguan penilaian di antara dua tingkat kepentingan yang berdekatan.

Langkah yang harus dilakukan dalam menyelesaikan persoalan menggunakan metode AHP yaitu:

2.2.3.1. *Decomposition*

Decompositio adalah proses menganalisa permasalahan yang nyata dalam struktur hirarki atas unsur-unsur pendukungnya. Struktur hirarki secara umum dalam metode AHP yaitu *Goal* atau tujuan, kriteria, subkriteria (*optional*), dan alternatif.

2.2.3.2. *Comperative Judgmen*

Comperative Judgmen digunakan untuk membuat suatu penilaian tentang kepentingan relatif antara dua elemen pada suatu tingkat tertentu yang disajikan dalam bentuk matriks dengan menggunakan skala prioritas., jika terdapat n elemen, maka akan diperoleh matriks matriks perbandingan $n \times n$ dan banyaknya penilaian yang diperlukan adalah $n(n-1)/2$. Ciri utama dari matriks perbandingan yang dipakai dalam metode AHP adalah elemen diagonalnya dari kiri atas kekanan bawah adalah satu karena elemen yang dibandingkan adalah dua elemen yang sama.

Selain itu, sesuai dengan sistematika berpikir otak manusia, matriks perbandingan yang terbentuk akan bersifat matriks resiprokal dimana apabila elemen A lebih disukai dengan skala 3 dibandingkan elemen B, maka dengan sendirinya elemen B lebih disukai dengan skala $1/3$ dibandingkan elemen A.

Dengan dasar kondisi-kondisi diatas dan skala standar input AHP dari 1 sampai 9, maka dalam matriks perbandingan tersebut angka terendah yang mungkin terjadi adalah $1/9$, sedangkan angka tertinggi yang mungkin terjadi adalah $9/1$. Angka 0 tidak dimungkinkan dalam matriks ini, sedangkan pemakaian skala dalam bentuk desimal dimungkinkan sejauh *admin* memang menginginkan bentuk tersebut untuk persepsi lebih akurat.

2.2.3.3. *Synthesis Priority*

Setelah matriks perbandingan untuk sekelompok elemen selesai dibentuk maka langkah berikutnya adalah mengukur bobot prioritas setiap elemen tersebut. Hasil akhir dari perhitungan bobot prioritas tersebut adalah suatu bilangan desimal dibawah satu (misalnya 0.01 sampai 0.99) dengan total prioritas dari masing-masing matriks dapat menentukan prioritas lokal dan dengan melakukan sintesa diantara prioritas lokal, maka akan diperoleh prioritas

global. Usaha untuk memasukkan kaitan antara elemen yang satu dengan elemen yang lain dalam menghitung bobot prioritas secara sederhana dapat dilakukan dengan cara berikut:

1. Jumlahkan elemen pada kolom yang sama pada matriks perbandingan yang terbentuk. Lakukan hal yang sama untuk setiap kolom.
2. Bagilah setiap elemen pada setiap kolom dengan jumlah elemen kolom tersebut (hasil dari langkah 1). Lakukan hal yang sama untuk setiap kolom sehingga akan terbentuk matriks yang baru yang elemen-elemennya berasal dari hasil pembagian tersebut.
3. Jumlahkan elemen matriks yang baru tersebut menurut barisnya.
4. Bagilah hasil penjumlahan baris (hasil dari langkah 3) dengan total alternatif agar diperoleh prioritas terakhir setiap elemen dengan total bobot prioritas sama dengan satu. Proses yang dilakukan untuk membuat total bobot prioritas sama dengan satu biasa disebut proses normalisasi.

2.2.3.4. *Logical Consistency*

Salah satu asumsi utama metode AHP yang membedakannya dengan metode yang lainnya adalah tidak adanya syarat konsistensi mutlak. Metode AHP yang memakai persepsi manusia sebagai masukkannya maka ketidak konsistenan itu mungkin terjadi karena manusia mempunyai keterbatasan dalam menyatakan persepsinya secara konsisten terutama kalau membandingkan banyak elemen. Adapun langkah-langkah algoritma dari AHP ini adalah sebagai berikut:

1. Menjumlahkan nilai dalam setiap kolom dari matriks berpasangan

$$c_j = \sum_{i=1}^n g_{ij} \quad (2.5)$$

Keterangan:

c = Jumlah matrik perbandingan berpasangan

g_{ij} = Matrik perbandingan berpasangan

i = Matriks baris.

j = matriks kolom.

2. Membagi setiap elemen dalam matriks dengan kolom yang totalnya menghasilkan matriks ternormalisasi

$$x_j = \frac{g_{ij}}{\sum_{n-1}^n c} \quad (2.6)$$

Keterangan:

x = Jumlah normalisasi matriks

i = Matriks baris.

j = Matriks kolom

g_{ij} = Matriks perbandingan persamaan.

3. Membagi jumlah kolom matriks ternormalisasi dengan jumlah kriteria yang digunakan untuk menghasilkan matriks (n) terbobot,

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (2.7)$$

Keterangan:

w_i = Nilai bobot prioritas.

j = Matriks kolom.

n = Banyak kriteria.

4. Mengkalikan nilai matriks perbandingan berpasangan dengan bobot kriteria untuk mendapatkan nilai vektor bobot.

$$vek_i = g_j \cdot w_i \quad (2.8)$$

Keterangan:

g_j = Elemen matriks perbandingan.

w_i = Bobot prioritas.

vek_i = Elemen vektor.

5. Menghitung λ_{max} dengan cara membagi tiap elemen pada Vektor Jumlah Bobot dengan tiap elemen Bobot Prioritas nilai matriks perbandingan berpasangan dengan bobot kriteria untuk mendapatkan nilai vektor bobot. Cara mendapatkan nilai λ_{max} digunakan rumus berikut:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{vek_i}{w_i} \quad (2.9)$$

Keterangan:

λ_{max} = Nilai vektor terbobot.

w_i = Bobot prioritas.

vek_i = Elemen vektor.

n = Banyak kriteria.

Berdasarkan kondisi ini maka manusia dapat menyatakan persepsinya dengan tanpa harus berpikir apakah persepsinya tersebut akan konsisten nantinya atau tidak. Persepsi yang 100% konsisten belum tentu memberikan hasil yang optimal atau benar dan sebaliknya persepsi yang tidak konsisten penuh mungkin memberikan gambaran keadaan yang sebenarnya atau yang terbaik. Penentuan nilai preferensi antar elemen harus secara konsisten logis, yang dapat diukur dengan menghitung CI (*Consistency Index*) dan CR (*Consistency Ratio*).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.10)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.11)$$

Keterangan:

CI = Nilai Consistency Index.

λ_{max} = Nilai vektor terbobot.

CR = Nilai Consistency Ratio

RI = Nilai Random Index

Metode AHP, tingkat inkonsistensi yang masih bisa diterima adalah sebesar 10% kebawah, apabila nilai $CR \leq 0,1$ maka hasil preferensi cukup baik dan sebaliknya jika $CR > 0,1$ hasil proses AHP tidak valid sehingga harus diadakan perbaikan penilaian karena tingkat inkonsistensi yang terlalu besar dapat menjurus pada suatu kesalahan.

Tabel 2.2 Tabel *Random Index* (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

2.2.4. TOPSIS

Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution atau TOPSIS merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengambil keputusan dengan banyak kriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yoo dan Hwang pada tahun 1981 (Guner, 2018). Metode TOPSIS menjadi metode perankingan pada sistem ini nilai yang diambil dari AHP akan digunakan sebagai dasar bobot kriteria yang ada pada TOPSIS. Adapun langkah-langkah algoritma dari TOPSIS ini adalah sebagai berikut:

2.2.4.1. Menentukan matriks keputusan yang ternormalisasi

TOPSIS membutuhkan rating kriteria pada setiap kriteria atau subkriteria yang ternormalisasi. Persamaan matriks ternormalisasi dapat dilihat pada Persamaan 2.12 berikut :

$$r = \frac{x_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_i^2}} \quad (2.12)$$

Keterangan:

r = Normalisasi matrik.

x = Nilai matriks penilaian alternatif.

i = Matriks baris.

2.2.4.2. Menghitung matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot.

Persamaan normalisasi matriks TOPSIS ditunjukkan dengan menggunakan Persamaan 2.13.

$$y = w_i \cdot r \quad (2.13)$$

Keterangan:

y = Nilai normalisasi matriks terbobot.

w = Nilai bobot prioritas dari AHP.

r = Nilai normalisasi matriks.

i = Matriks baris.

2.2.4.3. Menghitung matriks solusi ideal positif dan matriks solusi ideal negatif.

Solusi ideal positif dan solusi ideal negatif dapat ditentukan berdasarkan rating bobot ternormalisasi. Perhitungan persamaan perhitungan solusi ideal positif ditunjukkan pada persamaan 2.14 berikut :

$$a^+ = (y_{i1}^+, y_{i2}^+, \dots, y_i^+) \quad (2.14)$$

Perhitungan persamaan perhitungan solusi ideal negatif ditunjukkan pada Persamaan 2.15 berikut :

$$a^- = (y_{i1}^-, y_{i2}^-, \dots, y_i^-) \quad (2.15)$$

Keterangan:

a^+ = Nilai ideal positif

a^- = Nilai ideal negatif

y_i = Nilai normalisasi matriks terbobot.

i = Matriks baris.

2.2.4.4. Menghitung jarak antara nilai setiap alternatif

Menghitung jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan matriks solusi ideal negatif. Jarak dengan solusi ideal positif adalah jarak alternatif dari solusi ideal positif. Persamaan Jarak dengan solusi ideal positif ditunjukkan pada Persamaan 2.16 berikut :

$$d^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (a_j^+ - y_j)^2} \quad (2.16)$$

Jarak dengan solusi ideal negatif adalah jarak alternatif dari solusi ideal negatif. Persamaan Jarak dengan Solusi Ideal Negatif ditunjukkan pada Persamaan 2.17 berikut :

$$d^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (a_j^- - y_j)^2} \quad (2.17)$$

Keterangan:

d^+ = Nilai jarak ideal positif

d^- = Nilai jarak ideal negatif

y = Nilai normalisasi matriks terbobot.

a^+ = Nilai ideal positif

a^- = Nilai ideal negatif

J = Matriks Baris

2.2.4.5. Menghitung nilai preferensi untuk setiap alternatif

Persamaan nilai preferensi TOPSIS ditunjukkan dengan menggunakan Persamaan 2.18:

$$v_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (2.18)$$

Keterangan:

v = Nilai jarak ideal positif

d^+ = Nilai jarak ideal positif

d^- = Nilai jarak ideal negatif

2.2.5. Nilai Galat

Galat atau *error* adalah selisih antara nilai sejati dengan nilai hampirannya. Pada metode numerik, galat berarti selisih antar nilai hasil perhitungan pada nilai awal (k) dengan nilai hasil perhitungan pada nilai yang diperoleh (l). Nilai galat terbagi menjadi 2, yaitu nilai galat mutlak (e_m) dan galat relatif (e_r). Nilai galat mutlak diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.19 dan nilai galat relatif diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.20 (Heri dan Dewi, 2006)

$$e_m = |k - l| \quad (2.19)$$

$$e_r = (e_m / l) \cdot 100 \% \quad (2.20)$$

Keterangan:

e_m = Nilai galat mutlak.

e_r = Nilai galat relatif

k = Nilai awal perhitungan diperoleh

l = Nilai hasil perhitungan sistem diperoleh