

BAB III

PENYELESAIAN MASALAH PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF

Bab ini berisi tentang masalah penentuan jalur evakuasi optimal bagi penduduk di Kampung Pencut. Model optimisasi dari penentuan jalur evakuasi yang optimal akan diturunkan dengan mengadaptasi model *multi-depot vehicle routing problem*. Selanjutnya, model tersebut akan diselesaikan dengan mengimplementasikan algoritma genetika adaptif.

3.1 Masalah Penentuan Jalur Evakuasi di Kampung Pencut

Kampung Pencut merupakan kampung yang berada tepat di atas patahan Lembang. Patahan Lembang yang membentang dari Tangkuban Perahu hingga ke lereng Gunung Manglayang merupakan zona labil bagi gempa bumi. Berdasarkan Pasal 1 ayat 6 PP No. 21 Tahun 2008 tentang penyelenggaraan penanggulangan bencana, mitigasi bencana merupakan upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Salah satu upaya untuk mengurangi risiko bencana yaitu pembuatan jalur evakuasi. Umumnya, gempa bumi utama akan diikuti oleh gempa bumi susulan. Jalur evakuasi merupakan upaya mitigasi untuk menghindari gempa susulan dimana gempa tersebut terjadi setelah gempa utama.

Terdapat tahapan evakuasi yang harus dilakukan oleh penduduk Kampung Pencut saat gempa bumi terjadi. Saat gempa terjadi, relawan gempa dari setiap RW akan berlari menuju masjid terdekat untuk menyalakan sirine. Sirine pertama menandakan penduduk Kampung Pencut harus bersiap-siap menuju tempat evakuasi sementara. Saat sirine kedua dinyalakan, penduduk Kampung Pencut harus berlari menuju tempat evakuasi sementara. Setiap para relawan bencana diwajibkan mendata seluruh warga yang ada di tempat evakuasi sementara dan memberikan pertolongan

pertama bagi penduduk yang terluka. Warga Kampung Pencut tidak diperbolehkan keluar dari area tempat evakuasi sementara hingga tim penjemput datang. Tim

Fairuz Cahyohartoto

PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN ALGORITMA

GENETIKA ADAPTIF

(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

penjemput akan menjemput seluruh penduduk Kampung Pencut yang berada di tempat evakuasi sementara. Penduduk dijemput oleh tim penjemput menggunakan kendaraan yang disediakan oleh TNI menuju tempat evakuasi akhir. Seluruh penduduk Kampung Pencut akan dikumpulkan di Tempat Evakuasi Akhir.

Penentuan jalur evakuasi yang optimal bertujuan untuk mempermudah penduduk maupun para relawan saat terjadinya bencana. Jalur evakuasi pun merupakan salah satu upaya untuk menghindari dampak korban jiwa yang disebabkan oleh bencana.

3.2 Model Optimasi Penentuan Jalur Evakuasi Optimal

Pada bagian ini akan diturunkan model permasalahan jalur evakuasi di Kampung Pencut. Model penentuan jalur evakuasi yang optimal akan dipandang sebagai model *Multi-Depot Vehicle Routing Problem*. Model MDVRP hampir sama dengan model VRP. Perbedaan model MDVRP dengan VRP terletak pada jumlah depot. Pada model VRP, jumlah depot hanya satu sedangkan pada model MDVRP depot berjumlah lebih dari satu. Pada penentuan jalur evakuasi, TEA akan dipandang sebagai depot. Pada penelitian ini, TEA di Kampung Pencut berjumlah dua sehingga hal ini menjadi alasan mengapa model penentuan jalur evakuasi optimal dipandang sebagai model MDVRP. Hal-hal mengenai tempat evakuasi akhir, tempat evakuasi sementara dan kendaraan penjemput akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Tempat Evakuasi Akhir

Tempat Evakuasi Akhir (TEA) merupakan tempat berkumpul akhir dan dapat berfungsi sebagai hunian sementara bagi penduduk Kampung Pencut setelah terjadi bencana. Pada model MDVRP, tempat evakuasi akhir dipandang sebagai depot, tempat dimana lokasi kendaraan akan bermula dan berakhir.

2. Tempat Evakuasi Sementara

Tempat Evakuasi Sementara (TES) merupakan tempat berkumpul sementara bagi penduduk Kampung Pencut berupa lapangan terbuka yang aman saat

Fairuz Cahyohartoto

PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN

ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF

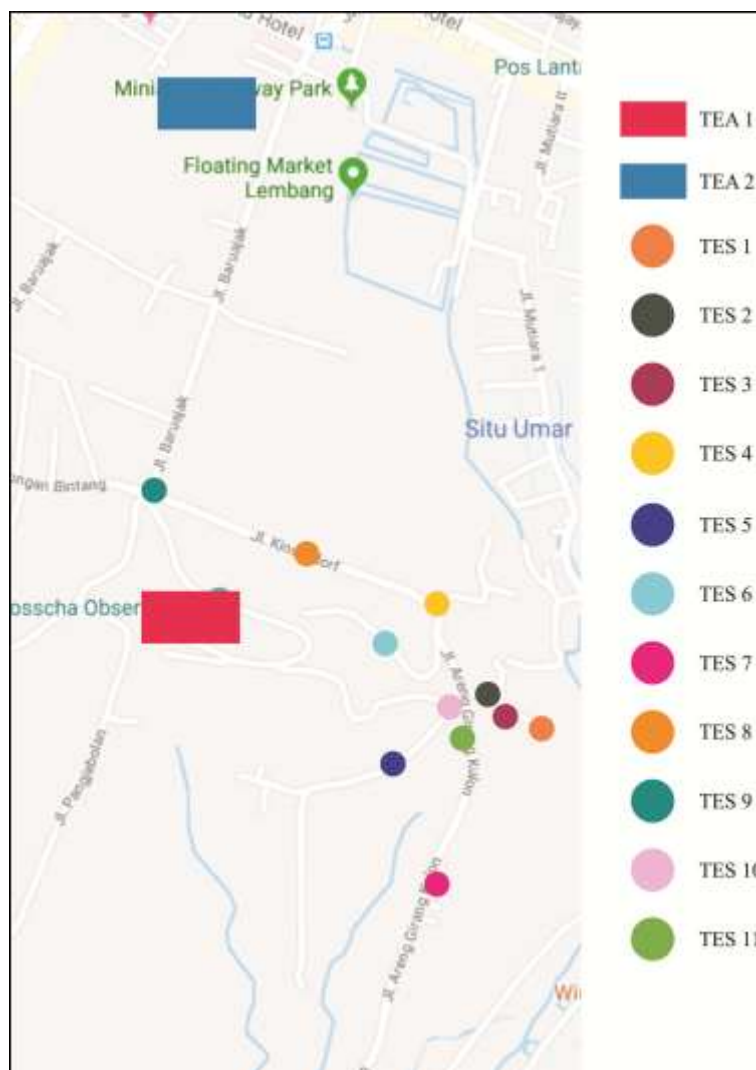
(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

terjadi bencana. Pada model MDVRP, tempat evakuasi sementara dipandang sebagai *stops* tempat dimana kendaraan akan menjemput penduduk kampung menuju TEA.

3. Kendaraan penjemput

Kendaraan penjemput merupakan kendaraan yang dipakai untuk mengantarkan penduduk kampung dari TES menuju TEA. Kendaraan yang dipakai adalah mobil TNI yang memiliki batasan kapasitas. Pada model MDVRP, mobil TNI akan dipandang sebagai *vehicles*.



Gambar 3. 1 Denah tempat evakuasi akhir dan tempat evakuasi sementara

Fairuz Cahyohartoto

**PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN
ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF**

(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

Model penentuan jalur evakuasi optimal memuat sebuah fungsi tujuan dan sejumlah kendala yang berkaitan dengan batasan pada permasalahan jalur evakuasi. Adapun asumsi yang diambil pada pemodelan ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat 2 TEA yang dijadikan sebagai depot.
2. Penduduk kampung tersebar pada TES yang ada, tidak ada penduduk yang menumpuk pada satu TES.
3. Setiap kendaraan memiliki kapasitas yang sama.
4. Kendaraan yang tersedia dapat menjemput seluruh penduduk.
5. Kendaraan yang berasal dari TEA1 selalu berakhir di TEA1, demikian pula kendaraan yang berasal dari TEA2.
6. Kendaraan hanya dapat mendatangi TES satu kali.

Untuk keperluan penurunan model permasalahan jalur evakuasi, didefinisikan indeks, himpunan, parameter dan variabel keputusan sebagai berikut:

1. Himpunan

I adalah himpunan TEA

J adalah himpunan TES

K adalah himpunan kendaraan

2. Parameter

N adalah jumlah kendaraan penjemput penduduk Kampung Pencut

C_{ij} adalah jarak antara titik i dan j , $i, j \in I \cup J$

V_i adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat pergi melalui TEA i

d_i adalah jumlah penduduk pada TES

Q_k adalah kapasitas kendaraan penjemput

3. Variabel Keputusan

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jika terdapat perjalanan dari } i \text{ ke } j \text{ dengan kendaraan } k \\ 0, & \text{yang lainnya} \end{cases}$$

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika penduduk pada TES } j \text{ dialokasikan di TEA } i \\ 0, & \text{yang lainnya} \end{cases}$$

Fairuz Cahyohartoto

**PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN
ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF**

(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

Fungsi tujuan pada penelitian ini adalah untuk meminimumkan total jarak dari jalur evakuasi, dalam bentuk matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\min \sum_{i \in I \cup J} \sum_{j \in I \cup J} \sum_{k \in K} C_{ij} x_{ijk}$$

Untuk batasan-batasan yang digunakan dalam penyelesaian permasalahan jalur evakuasi antara lain:

1. Setiap penduduk pada TES j harus diberikan satu jalur evakuasi. Setidaknya ada satu jalur penjemputan yang melewati TES j .

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I \cup J} x_{ijk} = 1, j \in J$$

2. Setiap penduduk yang dijemput pada TES j atau lebih tidak akan melebihi kapasitas kendaraan. Ini artinya, jumlah penduduk yang dijemput oleh kendaraan k pada satu jalur harus kurang dari kapasitas kendaraan sebesar Q_k . Kendala ini diekspresikan sebagai berikut:

$$\sum_{j \in J} d_j \sum_{i \in I \cup J} x_{ijk} \leq Q_k, \forall k \in K$$

3. Setiap kendaraan k yang mendatangi TES j untuk menjemput penduduk harus meninggalkan TES j . Kendala ini diekspresikan sebagai berikut:

$$\sum_{j \in I \cup J} x_{ijk} - \sum_{j \in I \cup J} x_{jik} = 0, \forall k \in K, \forall i \in I \cup J$$

4. Setiap TES hanya dapat didatangi paling banyak satu kali oleh kendaraan k .

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ijk} \leq 1, \forall k \in K$$

5. Jumlah penduduk yang akan dilokasikan pada TEA i harus kurang dari kapasitas TEA i . Batasan kendala untuk TEA diekspresikan sebagai berikut:

$$\sum_{j \in J} d_i z_{ij} \leq V_i, \forall i \in I$$

Fairuz Cahyohartoto

**PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN
ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF
(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

6. Penduduk pada TES j dapat menuju TEA i jika terdapat kendaraan dari TEA i yang menuju TES j .

$$-z_{ij} + \sum_{u \in I \cup J} (x_{iuk} + x_{ujk}) \leq 1, \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K$$

7. Kendala eliminasi *subtour* memastikan bahwa kendaraan berangkat dari TEA dan berakhir di TEA. Kendala ini diekspresikan sebagai berikut:

$$U_{lk} - U_{jk} + Nx_{ijk} \leq N - 1, \quad \forall l, j \in J, \quad \forall k \in K$$

8. Batasan variabel

$$x_{ijk} \in \{0,1\}, \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K$$

$$z_{ij} \in \{0,1\}, \quad \forall i \in I, \forall j \in J$$

$$U_{lk} \geq 0, \quad \forall l \in I, \forall k \in K$$

3.3 Implementasi Algoritma Genetika Adaptif Pada Masalah Jalur Evakuasi

Model yang telah diperoleh pada Subbab 3.3. merupakan model permasalahan jalur evakuasi yang dipandang dari model MDVRP. Ada beberapa algoritma yang dapat digunakan untuk menyelesaikan model MDVRP, salah satunya adalah algoritma genetika. Algoritma genetika merupakan teknik untuk mencari solusi yang optimal berdasarkan prinsip rekayasa genetika. Namun solusi yang dihasilkan pada permasalahan MDVRP menggunakan algoritma genetika standar dapat beresiko mengalami optimum lokal. Yang dimaksud dengan optimum lokal adalah nilai fitness tidak beragam dan tidak membaik selama proses regenerasi. Salah satu cara untuk menghindari konvergensi prematur pada penentuan jalur evakuasi optimal adalah dengan menggunakan algoritma genetika adaptif.

Pada umumnya, proses yang dilalui pada algoritma genetika adaptif hampir sama dengan algoritma genetika standar. Proses awal dari algoritma genetika adaptif yaitu, representasi kromosom, perhitungan nilai fitness, pembangkitan populasi, seleksi, *crossover* dan mutasi. Perbedaan algoritma genetika adaptif

Fairuz Cahyohartoto

**PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN
ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF**

(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

dengan algoritma genetika standar terletak pada probabilitas *crossover* (pc) dan probabilitas mutasi (pm). Pada algoritma genetika standar, pc dan pm yang telah diperoleh secara random pada kisaran 0,5 – 0,9 akan digunakan disetiap generasi. Pada algoritma genetika adaptif, pc dan pm disetiap generasi berbeda-beda. Probabilitas pada algoritma genetika adaptif dihitung menggunakan nilai fitness total dan nilai fitness kromosom yang telah terpilih pada proses seleksi.

3.3.1. Representasi Kromosom

Representasi kromosom pada penelitian ini menggunakan representasi kromosom pada penyelesaian MDVRP. Satu kromosom merepresentasikan satu solusi berupa jalur evakuasi dengan menggunakan *permutation encoding* yang berupa kumpulan urutan integer. Gen-gen yang berada di dalam kromosom melambangkan TES dan TEA. TEA ditempatkan pada gen pertama dan terakhir di setiap kromosom. Solusi *feasible* untuk representasi kromosom dihasilkan dengan 2 langkah, yaitu *Grouping* dan *Routing*.

Pada proses *Grouping* atau pengelompokan, warga yang berada di tempat evakuasi sementara akan dijemput dengan kendaraan yang nantinya menuju tempat evakuasi akhir yang terdekat. Misalkan tempat evakuasi akhir 1 adalah TEA1 dan tempat evakuasi akhir 2 adalah TEA2. Proses pengelompokan diselesaikan berdasarkan perhitungan jarak dengan ketentuan berikut:

1. Jika $D(c_i, TEA1) < D(c_i, TEA2)$, maka penduduk di tempat evakuasi sementara ke i diantar ke depot TEA1
2. Jika $D(c_i, TEA1) > D(c_i, TEA2)$, maka penduduk di tempat evakuasi sementara ke i diantar ke depot TEA2
3. Jika $D(c_i, TEA1) = D(c_i, TEA2)$, maka penduduk di tempat evakuasi sementara bisa memilih tempat evakuasi secara bebas antara TEA1 dengan TEA2.

Pada Kasus diatas

$$D(c_i, d_k) = \sqrt{(x_{c_i} - x_{d_k})^2 + (y_{c_i} - y_{d_k})^2}$$

Fairuz Cahyohartoto

**PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN
ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF
(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

merepresentasikan jarak antara TES dengan TEA dengan (x_{c_i}, y_{c_i}) merupakan titik koordinat TES dan (x_{d_k}, y_{d_k}) merupakan titik koordinat TEA.

Untuk proses *Routing*, akan ditentukan jalur penjemputan dari TES yang sudah dikelompokkan menuju TEA. Untuk mendapatkan jalur evakuasi, dibutuhkan langkah-langkah penentuan jalur evakuasi dengan memperhatikan jumlah penduduk pada TES dan kapasitas kendaraan sebagai berikut. Misal elemen ke- i dari suatu kromosom dengan panjang n adalah g_i .

1. K merupakan jalur evakuasi yang dilalui kendaraan penjemput yang bermula dan berakhir di TEA. Inisialisasi jalur K_1 dengan memasukan gen urutan pertama, $K_1 = \{g_1\}$
2. Hitung jumlah penduduk pada gen di K_1
3. Jika jumlah penduduk pada gen di K_1 kurang atau sama dengan kapasitas kendaraan maka tambahkan gen urutan selanjutnya g_{i+1} sehingga $K_1 = \{g_1, g_2\}$, jika tidak maka kurangi gen urutan terakhir yang dimasukan dari K_i dan masukan gen tersebut ke dalam rute baru K_{i+1}
4. Lakukan langkah 3 sampai semua gen dalam satu kromosom sudah terpilih semua.

Misalkan terdapat TEA1=A, kapasitas kendaraan $Q_k = 10$ dan jumlah penduduk pada TES j ($j = 1,2,3,4$) sebagai berikut:

Jumlah Penduduk			
TES1	TES2	TES3	TES4
4	5	3	6

Tahapan pertama dalam representasi kromosom yaitu memanggil TEA1=1 untuk dijadikan sebagai gen pertama dalam kromosom. TEA1 dijadikan sebagai gen pertama karena kendaraan selalu bermula dari TEA1 dengan keadaan kendaraan kosong atau jumlah penduduk pada kendaraan sama dengan nol ($jp = 0$).

	gen1	gen2	gen...
Kromosom	A		

Setelah menjadikan TEA1 sebagai gen pertama, ambil TES j secara acak untuk dijadikan gen kedua. Misalkan TES2=2 terpilih, jika kendaraan menjemput

Fairuz Cahyohartoto

**PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN
ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF**

(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

penduduk pada TES2 maka $jp = 5$. Karena jumlah penduduk pada kendaraan kurang dari kapasitas kendaraan ($Q_k = 10$) maka TES2 menjadi gen kedua pada kromosom. Artinya, kendaraan berangkat dari TEA1 menuju TES2.

	gen1	gen2	gen3	gen...
Kromosom	A	2		

Setelah menjadikan TES2 menjadi gen kedua, ambil TES lainnya selain TES2 secara acak. Misalkan TES1 terpilih, jika kendaraan menjemput penduduk pada TES1 maka $jp = 5 + 4 = 9$. Karena jumlah penduduk pada kendaraan kurang dari kapasitas kendaraan ($Q_k = 10$) maka TES1 menjadi gen ketiga pada kromosom. Artinya, kendaraan berangkat dari TES2 menuju TES1.

	gen1	gen2	gen3	gen4	gen...
Kromosom	A	2	1		

Setelah menjadikan TES1 menjadi gen ketiga, ambil TES lainnya selain TES yang sudah terpilih secara acak. Misalkan TES4=4 terpilih, jika kendaraan menjemput penduduk pada TES1 maka $jp = 5 + 4 + 6 = 15$. Karena jumlah penduduk pada kendaraan lebih besar dari kapasitas kendaraan maka TES4 gagal menjadi gen keempat. Gen keempat diisi oleh TEA1. Artinya, kendaraan yang berangkat dari TES1 pergi menuju TEA1 untuk menurunkan penumpang. Kendaraan diharuskan kembali menuju TEA1 apabila jumlah penduduk yang akan diangkut di TES selanjutnya sudah melebihi kapasitas kendaraan. Karena jumlah penduduk yang diangkut jika kendaraan mendatangi TES4 melebihi kapasitas kendaraan maka kendaraan diharuskan kembali ke TES1 untuk menurunkan penduduk yang berada di dalam kendaraan. Kendaraan kembali dalam keadaan tanpa penduduk di dalamnya ($jp = 0$).

	gen1	gen2	gen3	gen4	gen5	gen...
Kromosom	A	2	1	A		

Setelah kembali ke TEA1, pilih TES selain TES yang sudah terpilih secara acak. Pemilihan TES berlanjut hingga seluruh TES terpilih. Jika jumlah penduduk pada TES j yang akan dijemput melebihi kapasitas kendaraan maka kendaraan kembali ke TEA untuk menurunkan penduduk yang berada dalam kendaraan terlebih

Fairuz Cahyohartoto

**PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN
ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF**

(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

dahulu sebelum menjemput penduduk pada TES lainnya. Apabila seluruh TES sudah didatangi maka tambahkan TEA1 sebagai gen terakhir pada kromosom. Artinya, kendaraan selalu menuju TEA1 jika tidak ada lagi TES yang akan dituju. Di bawah ini merupakan hasil akhir berupa kromosom yang diperoleh dari representasi kromosom.

	gen1	gen2	gen3	gen4	gen5	gen6	gen7	gen8
Kromosom	A	2	1	A	4	A	3	A

3.3.2. Pembangkitan Populasi

Pembangkitan populasi merupakan tahapan awal dalam algoritma genetika dimana sejumlah individu dibangkitkan secara acak. Individu berisikan dua kromosom dimana didalamnya terdapat gen pada setiap kromosom sebagaimana yang telah dijelaskan diawal. Banyaknya individu yang dibangkitkan ditentukan oleh parameter *population rate* atau disebut juga sebagai ukuran populasi.

3.3.3. Menghitung Nilai Fitness

Nilai fitness dari suatu kromosom menyatakan baik atau tidaknya solusi yang dinyatakan sebagai individu. Nilai fitness ditentukan berdasarkan fungsi tujuan dimana pada permasalahan ini fungsi tujuannya adalah untuk meminimumkan jalur evakuasi. Fungsi fitness yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$F = \frac{1}{f}$$

dimana F merupakan fungsi fitness dan f merupakan total jarak dari satu individu. Semakin kecil nilai f maka semakin besar pula nilai F begitu pula sebaliknya.

3.3.4. Seleksi

Fairuz Cahyohartoto

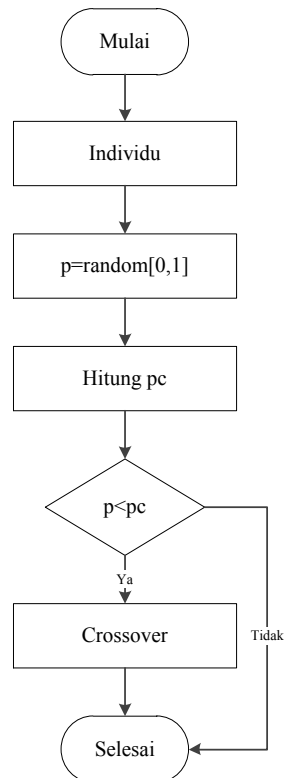
**PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN
ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF
(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

Seleksi merupakan proses yang dilakukan setelah menghitung nilai fitness dari masing-masing individu. Pada proses ini, individu yang telah dihitung nilai fitnessnya akan dipilih dan digunakan sebagai calon induk pada proses *crossover* atau kawin silang. Tahapan seleksi bertujuan untuk memberikan kesempatan reproduksi yang lebih besar bagi individu terbaik.

Pada penelitian ini, metode yang dipakai untuk tahap seleksi adalah metode *Roulette Wheel*. Pemilihan individu terbaik dilakukan dengan cara menghitung nilai fitness individu dan membandingkannya dengan nilai fitness individu lainnya. Semakin besar nilai fitness individu tersebut maka semakin besar pula peluang terpilih sebagai induk.

3.3.5. Crossover



Gambar 3. 2 *Flowchart Crossover*

Crossover merupakan proses penyilangan sebagian gen dari dua induk yang terpilih pada proses seleksi. Proses *crossover* bertujuan untuk mendapatkan individu baru yang diharapkan lebih baik dari individu sebelumnya. Tidak semua kromosom pada satu populasi akan mengalami proses *crossover*. Kemungkinan suatu induk terpilih melewati proses *crossover* didasarkan pada probabilitas *crossover*. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah *order crossover*. Adapun aturan apakah kromosom melalui tahapan *crossover* adalah sebagai berikut:

1. Setelah diperoleh dua induk dari proses seleksi, bangkitkan bilangan acak p dari 0 sampai 1
2. Hitung probabilitas *crossover* (pc),

$$pc = \begin{cases} k_1 \frac{F_{max} - F'}{F_{max} - F_{ave}} & F' > F_{ave} \\ k_2 & F' \leq F_{ave} \end{cases}$$

Fairuz Cahyohartoto

**PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN
ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF**

(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

F_{max} : nilai fitness terbesar pada satu populasi

F_{ave} : nilai fitness rata-rata pada satu populasi

F' : nilai fitness terbesar dari induk terpilih pada seleksi

k_1, k_2 : konstanta dan memiliki interval (0, 1]

3. Jika $p < pc$ maka induk yang terpilih lanjutkan tahapan proses *crossover*. Sebaliknya, jika $p \geq pc$ maka induk langsung memasuki proses mutasi.
4. Tentukan titik *crossover* dengan membangkitkan bilangan integer yang kurang dari jumlah gen yang ada pada satu kromosom. Bilangan tersebut akan dijadikan tanda penyilangan induk terpilih.
5. Silangkan kedua induk

Dibawah ini merupakan proses *crossover* beserta ilustrasinya.

1. Menentukan titik *crossover* pada induk

Induk 1										Induk 2									
1	4	3	5	6	7	9	2	8	X	4	5	7	3	8	9	1	2	6	

2. Mewariskan gen yang diapit oleh titik *crossover* kepada kromosom anak

Anak 1										Anak 2									
			3	8	9				X				5	6	7				

3. Menentukan gen pada kromosom induk yang belum terpilih

Induk 1										Induk 2									
1	4		5	6	7		2		X	4			3	8	9	1	2		

4. Menempatkan gen induk yang belum terpilih pada kromosom anak

Induk 1										Induk 2									
4	5	6				7	2	1	X	3	8	9				1	2	4	

5. Gabungkan langkah 2 dan langkah 4, untuk menghasilkan kromosom anak 1 dan anak 2.

Anak 1										Anak 2									
4	5	6	3	8	9	7	2	1	X	3	8	9	5	6	7	1	2	4	

Fairuz Cahyohartoto

PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF

(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

3.3.6. Mutasi

Teknik mutasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *swapping mutation*. Proses mutasi pada pembentukan jalur evakuasi disini dengan cara menggantikan atau menukarkan gen satu dengan yang lain agar memperoleh nilai fitness yang lebih baik dari sebelumnya. Pada setiap gen akan dibangkitkan bilangan integer p secara acak dari 0 sampai 1. Lalu hitung probabilitas mutasi (pm) dengan rumus seperti di bawah ini.

$$pm = \begin{cases} k_3 \frac{F_{max} - F}{F_{max} - F_{ave}} & F > F_{ave} \\ k_4 & F \leq F_{ave} \end{cases}$$

F_{max} : nilai fitness terbesar pada satu populasi

F_{ave} : nilai fitness rata-rata pada satu populasi

F : nilai fitness dari solusi

k_3, k_4 : konstanta dan memiliki interval (0.1]

Jika $p < pm$ maka gen tersebut akan ditukarkan dengan gen lainnya pada kromosom yang sama.

Sebelum Mutasi						
1	3	5	2	6	4	7
Sesudah Mutasi						
1	6	5	2	3	4	7

Gambar 3. 3 Ilustrasi mutasi satu titik

Satu generasi pada algoritma genetika adalah saat tahapan representasi hingga mutasi sudah dilakukan. Setelah melalui tahapan di atas diperoleh individu dengan kromosom baru yang nilai fitnessnya lebih baik. Individu yang diperoleh menggantikan individu lain pada populasi yang memiliki nilai fitness terendah.

Fairuz Cahyohartoto

**PENYELESAIAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI OPTIMAL DENGAN
ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF**

(STUDI KASUS DI KAMPUNG PENCUT LEMBANG)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |

Individu yang diperoleh pada n generasi akan menghasilkan individu yang nilai gen-gennya pada kromosom konvergen ke suatu nilai tertentu (Arifin, 2007).