

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang deskripsi masalah, tahapan penelitian, asumsi dan model, teknik penyelesaian model, serta contoh penyelesaian kasus dari masalah penjadwalan pramugara dan pramugari.

#### **3.1 Deskripsi Masalah**

Penelitian ini membahas tentang masalah penjadwalan pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif di Pulau Jawa. Penjadwalan pramugara dan pramugari ini bertujuan untuk memasang pramugara dan pramugari pada jadwal KAJJ kelas eksekutif di Pulau Jawa. KAJJ diasumsikan terbagi menjadi tiga jenis berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali perjalanan dinas. Jenis satu adalah KAJJ yang membutuhkan waktu tiga hari untuk melakukan perjalanan dinas. Jenis ke dua adalah KAJJ yang membutuhkan dua hari untuk melakukan perjalanan dinas. Jenis ke tiga adalah KAJJ yang membutuhkan waktu satu hari untuk melakukan perjalanan dinas.

Tujuan dari penelitian ini adalah memaksimalkan jumlah perjalanan kereta yang ditempuh oleh pramugara dan pramugari. Dalam penyusunan jadwal pramugara dan pramugari terdapat kendala-kendala yang dihadapi. Kendala-kendala tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif berhak mendapatkan libur dua hari setelah melakukan perjalanan dinas jika ditempatkan pada kereta jenis satu atau dua; Mendapat libur satu hari setelah melakukan perjalanan dinas jika ditempatkan pada kereta jenis tiga.
2. Pramugara dan pramugari hanya berdinas pada satu kereta untuk satu perjalanan dinas.

Ini berarti bahwa kelompok pramugara dan pramugari hanya muncul satu kali dalam sehari dan muncul dalam satu, dua, atau tiga kali berturut-turut bergantung pada jenis kereta yang ditempati.

3. Pramugara dan pramugari melakukan perjalanan dinas sebanyak minimal satu kali jika ditempatkan pada kereta jenis satu, minimal satu kali jika ditempatkan

pada kereta jenis dua, dan minimal dua kali jika ditempatkan pada kereta jenis tiga dalam tujuh hari.

Pada penelitian ini, masalah penjadwalan pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif di Pulau Jawa akan diselesaikan dengan GA.

### **3.2 Tahapan Penelitian**

Penelitian dilakukan dengan tahapan berikut:

#### **1. Studi Pustaka**

Tahapan ini dilakukan dengan mempelajari teori-teori terkait masalah optimisasi penjadwalan kru dan GA dari buku dan jurnal.

#### **2. Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data yang berhubungan dengan penjadwalan pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif di Pulau Jawa.

#### **3. Pembangunan Model Optimisasi**

Pada tahapan ini, model yang akan dibangun dengan terlebih dahulu mendefinisikan asumsi-asumsi, himpunan, dan parameter model.

#### **4. Penyelesaian Model**

Pada tahapan ini, model optimisasi yang telah dibangun akan diselesaikan dengan menggunakan GA.

#### **5. Validasi**

Model dan teknik penyelesaiannya akan divalidasi dengan cara membandingkan solusi yang dihasilkan oleh GA dengan solusi yang diselesaikan secara manual dari masalah yang berukuran kecil. Jika solusi optimal yang dihasilkan sama, maka tahapan akan dilanjutkan pada implementasikan model dan teknik penyelesaiannya pada studi kasus. Jika solusinya tidak sama, maka tahapan diulang dari tahapan pemodelan.

#### **6. Implementasi**

Model dan teknik penyelesaian yang telah valid akan diimplementasikan pada permasalahan penjadwalan pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif di Pulau Jawa dengan menggunakan GA.

#### **7. Penarikan Kesimpulan**

Penarikan kesimpulan dilakukan untuk menjawab rumusan masalah berdasarkan hasil implementasi.

### 3.3 Asumsi dan Model Optimisasi

Model optimisasi dari masalah penjadwalan pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif dibangun dengan menggunakan asumsi-asumsi berikut:

1. Pramugara dan pramugari dijadwalkan dalam satu kelompok yang terdiri atas empat orang dan tidak berganti anggota.
2. KAJJ kelas eksekutif selalu dapat beroperasi tanpa kendala.
3. Penjadwalan disusun untuk periode satu minggu.
4. Kereta dibagi menjadi tiga jenis yang dibedakan oleh banyak hari yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali perjalanan dinas. Kereta jenis satu adalah kereta yang membutuhkan waktu tiga hari untuk melakukan perjalanan dinas. Kereta jenis dua adalah kereta yang membutuhkan waktu dua hari untuk melakukan perjalanan dinas. Kereta jenis tiga adalah kereta yang membutuhkan waktu satu hari untuk melakukan perjalanan dinas.

Tahapan pertama pemodelan adalah mendefinisikan himpunan. Pendefinisian himpunan disajikan dalam Tabel 3.1. Banyaknya anggota H1 ada sebanyak  $\lfloor \frac{o}{3} \rfloor$ , dengan  $H1 = \{i, i + 3, i + 6, \dots\}$  di mana  $o = \max \{i, i \in H\}$  dan  $i = \min \{i, i \in H\}$ . Banyaknya anggota H2 ada sebanyak  $\lfloor \frac{o}{2} \rfloor$ , dengan  $H2 = \{i, i + 2, i + 4, \dots\}$ . Banyaknya anggota H3 ada sebanyak  $\lfloor \frac{o}{1} \rfloor$ , dengan  $H3 = \{i, i + 1, i + 2, \dots\}$ . Anggota H4 =  $\{a\}$  di mana  $a + 4 \leq o, \forall a \in H1$ , anggota H5 =  $\{b\}$  di mana  $b + 3 \leq o, \forall b \in H2$  dan anggota H6 =  $\{c\}$  di mana  $c + 1 \leq o, \forall c \in H3$ .

Variabel keputusan model didefinisikan untuk menentukan hari, kereta, dan jenisnya yang akan ditugaskan pada kelompok pramugara dan pramugari. Variabel tersebut dinyatakan sebagai berikut:

$$X_{hijk} = \begin{cases} 1, & \text{Jika pada hari } h \text{ dengan jenis kereta } i \text{ kelompok pramugara} \\ & \text{dan pramugari } j \text{ ditugaskan pada kereta } k. \\ 0, & \text{yang lainnya.} \end{cases}$$

Fungsi tujuan dari model optimisasi didefinisikan untuk memaksimalkan banyaknya perjalanan yang dilakukan oleh pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif di Pulau Jawa. Fungsi tersebut diekspresikan sebagai berikut:

**Memaksimalkan:**

$$f = \sum_{h=1}^o \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^r X_{hijk}$$

Tabel 3.1 Pendefinisian Himpunan.

Notasi	Keterangan
$H$	Himpunan hari penjadwalan
$H1$	Himpunan nilai awal hari perjalanan untuk pramugara dan pramugari yang berdinasi pada kereta jenis satu
$H2$	Himpunan nilai awal hari perjalanan untuk pramugara dan pramugari yang berdinasi pada kereta jenis dua
$H3$	Himpunan nilai awal hari perjalanan untuk pramugara dan pramugari yang berdinasi pada kereta jenis tiga
$H4$	Himpunan nilai awal hari perjalanan dan libur untuk pramugara dan pramugari yang berdinasi pada kereta jenis satu
$H5$	Himpunan nilai awal hari perjalanan dan libur untuk pramugara dan pramugari yang berdinasi pada kereta jenis dua
$H6$	Himpunan nilai awal hari perjalanan dan libur untuk pramugara dan pramugari yang berdinasi pada kereta jenis tiga
$I$	Himpunan Jenis Kereta
$J$	Himpunan Kelompok Pramugara dan Pramugari
$K$	Himpunan Kereta
$K1$	Himpunan kereta yang melakukan perjalanan dinas dalam waktu tiga hari
$K2$	Himpunan kereta yang melakukan perjalanan dinas dalam waktu dua hari
$K3$	Himpunan kereta yang melakukan perjalanan dinas dalam waktu satu hari

Adapun kendala-kendala dalam model optimisasi adalah sebagai berikut:

1. Pramugara dan pramugari hanya berdinasi pada satu kereta untuk satu perjalanan dinas.

$$\sum_{k \in K} X_{hijk} = 1, \forall h \in H, \forall i \in I, \forall j \in J$$

Ekspresi tersebut memastikan bahwa pada setiap hari ke- $h$ , setiap kelompok pramugara dan pramugari ke- $j$  yang berada pada setiap kereta jenis ke- $i$  dan kereta ke- $k$  hanya melakukan satu kali perjalanan. Untuk kereta jenis pertama, pramugara dan pramugari melakukan perjalanan dinas selama tiga hari berturut-turut. Kendala ini dinyatakan sebagai:

$$\sum_{h=1}^{h+2} X_{h1jk} = 3, h \in H1, \forall j \in J, \forall k \in K1$$

Untuk kereta jenis kedua, pramugara dan pramugari melakukan perjalanan dinas selama dua hari berturut-turut. Kendala ini dinyatakan sebagai:

$$\sum_{h=1}^{h+1} X_{h2jk} = 2, h \in H2, \forall j \in J, \forall k \in K2$$

Untuk kereta jenis ketiga, pramugara dan pramugari melakukan perjalanan dinas selama satu hari. Kendala ini dinyatakan sebagai:

$$X_{h3jk} = 1, \forall h \in H3, \forall j \in J, \forall k \in K3$$

2. Pramugara dan pramugari melakukan perjalanan sebanyak minimal tiga kali berturut-turut jika ditempatkan pada kereta jenis satu, dua kali berturut-turut jika ditempatkan pada kereta jenis dua, dan empat kali jika ditempatkan pada kereta jenis tiga dalam tujuh hari.

$$\sum_{h \in H} X_{h1jk} \geq 3, \forall j \in J, \forall k \in K1$$

Ekspresi tersebut memastikan bahwa jumlah perjalanan yang dilakukan setiap kelompok pramugara dan pramugari ke- $j$  yang bertugas pada kereta jenis pertama menggunakan kereta ke- $k$  melakukan minimal tiga kali perjalanan berturut-turut dalam tujuh hari. Untuk kereta jenis kedua, pramugara dan pramugari melakukan minimal dua kali perjalanan berturut-turut dalam tujuh hari. Kendala ini dinyatakan sebagai:

$$\sum_{h \in H} X_{h2jk} \geq 2, \forall j \in J, \forall k \in K2$$

Untuk kereta jenis ketiga, pramugara dan pramugari melakukan minimal empat kali perjalanan dalam tujuh hari. Kendala ini dinyatakan sebagai:

$$\sum_{h \in H} X_{h3jk} \geq 2, \forall j \in J, \forall k \in K3$$

3. Pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif berhak mendapatkan libur 2 hari setelah melakukan perjalanan dinas dengan menggunakan kereta jenis satu atau dua; Mendapatkan libur 1 hari setelah melakukan perjalanan dinas dengan menggunakan menggunakan kereta jenis 3.

$$\sum_{h=1}^{h+4} X_{h1jk} = 3, h \in H4, \forall j \in J, \forall k \in K1$$

Ekspresi tersebut memastikan bahwa setiap kelompok pramugara dan pramugari ke- $j$  yang bertugas pada kereta jenis pertama mendapat libur dua hari setelah melakukan tiga kali perjalanan berturut-turut. Untuk kereta jenis kedua, pramugara dan pramugari mendapat libur dua hari setelah melakukan dua kali perjalanan berturut-turut. Kendala ini dinyatakan sebagai:

$$\sum_{h=1}^{h+3} X_{h2jk} = 2, h \in H5, \forall j \in J, \forall k \in K2$$

Untuk kereta jenis ketiga, pramugara dan pramugari mendapat libur satu hari setelah melakukan perjalanan dinas. Kendala ini dinyatakan sebagai:

$$\sum_{h=1}^{h+1} X_{h3jk} = 1, h \in H6, \forall j \in J, \forall k \in K3$$

Batasan variabel dari model optimisasi menyatakan bahwa semua variabel yang terlibat pada model bernilai biner. Batasan ini ditulis sebagai berikut:

$$X_{hijk} \in \{0,1\}, h \in H, i \in I, j \in J, k \in K$$

Selengkapnya, model penjadwalan kru kereta api adalah sebagai berikut:

**Memaksimumkan:**

$$f = \sum_{h=1}^o \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^r X_{hijk} \quad (3.1)$$

Terhadap:

$$\sum_{k \in K} X_{hijk} = 1, \forall h \in H, \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.2)$$

$$\sum_{h=1}^{h+2} X_{h1jk} = 3, h \in H1, \forall j \in J, \forall k \in K1 \quad (3.3)$$

$$\sum_{h=1}^{h+1} X_{h2jk} = 2, h \in H2, \forall j \in J, \forall k \in K2 \quad (3.4)$$

$$X_{h3jk} = 1, \forall h \in H3, \forall j \in J, \forall k \in K3 \quad (3.5)$$

$$\sum_{h \in H} X_{h1jk} \geq 3, \forall j \in J, \forall k \in K1 \quad (3.6)$$

$$\sum_{h \in H} X_{h2jk} \geq 2, \forall j \in J, \forall k \in K2 \quad (3.7)$$

$$\sum_{h \in H} X_{h3jk} \geq 2, \forall j \in J, \forall k \in K3 \quad (3.8)$$

$$\sum_{h=1}^{h+4} X_{h1jk} = 3, h \in H4, \forall j \in J, \forall k \in K1 \quad (3.9)$$

$$\sum_{h=1}^{h+3} X_{h2jk} = 2, h \in H5, \forall j \in J, \forall k \in K2 \quad (3.10)$$

$$\sum_{h=1}^{h+1} X_{h3jk} = 1, h \in H6, \forall j \in J, \forall k \in K3 \quad (3.11)$$

$$X_{hijk} \in \{0,1\}, h \in H, i \in I, j \in J, k \in K \quad (3.12)$$

Model optimisasi di atas termasuk ke dalam kategori model *binary integer programming*. Bagian selanjutnya akan dibahas teknik penyelesaian model dengan menggunakan GA.

### 3.4 Teknik Penyelesaian Model

Model optimisasi penjadwalan pramugara dan pramugari KAJJ akan diselesaikan dengan menggunakan Algoritma Genetik (GA). GA merupakan teknik penyelesaian masalah kombinatorial yang diperkenalkan oleh John Holland tahun 1970an (Haldurai, L., dkk. 2016). Algoritma ini dipublikasikan pertama kali dalam bukunya yang berjudul, “*Adaption in Natural and Artificial Systems*” tahun 1975.

Algoritma yang terinspirasi dari proses evolusi alamiah ini dapat digunakan untuk mendapatkan solusi optimal dari suatu masalah optimisasi. GA merepresentasikan solusi sebagai kromosom dengan panjang gen tertentu. Representasi gen menggunakan bilangan real disebut *Real-Coded GA's* (RCGA) (Mahmudy, W.F. dkk. 2013).

Struktur dasar GA terdiri dari 3 proses utama, yaitu membangkitkan populasi awal, membentuk generasi baru, dan evaluasi solusi (Nugroho, A., dkk. 2018). Populasi awal terdiri atas sejumlah kromosom yang dibangkitkan secara acak yang merepresentasikan solusi masalah. Generasi baru dihasilkan menggunakan operator *crossover* dan mutasi. Setiap kromosom akan melakukan proses evaluasi yang didasarkan pada nilai *fitness*nya.

Penelitian ini akan menggunakan GA dalam menyelesaikan masalah penjadwalan pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif di Pulau Jawa. Berikut adalah tahapan penyelesaian masalah penjadwalan pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif di Pulau Jawa menggunakan GA.

#### 1. Representasi Kromosom

Pada penelitian ini, representasi kromosom yang digunakan adalah *RCGA* atau merepresentasikan gen dengan kumpulan bilangan real yang mewakili nomor kelompok pramugara dan pramugari. Kromosom yang digunakan terdiri atas  $n$  gen di mana  $n$  menyatakan perkalian antara jumlah hari penjadwalan dan banyaknya kereta. Dengan kata lain, panjang kromosom untuk penjadwalan satu hari yaitu sebanyak kereta yang beroperasi. Urutan gen ke- $j$  yang berisi bilangan  $k$  menunjukkan pada kereta bernomor  $j$  terdapat kelompok pramugara dan pramugari ke- $k$ . Penentuan penempatan kelompok pramugara dan pramugari dilakukan secara acak. Gambar 3.1 adalah contoh representasi kromosom dengan enam gen, di mana setiap gen diisi oleh nomor kelompok pramugara dan pramugari antara satu sampai lima. Kereta 1 ditugaskan kepada kelompok pramugara dan pramugari ke-1, Kereta 2 ditugaskan kepada kelompok pramugara dan pramugari ke-2, dan Kereta 3 ditugaskan kepada kelompok pramugara dan pramugari ke-5.

1	2	5	2	3	4
---	---	---	---	---	---

Gambar 3.1 Contoh Representasi Kromosom.

## 2. Penentuan Parameter GA

GA bekerja bergantung pada nilai parameter yang harus ditetapkan di awal proses. Parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut:

a) Banyaknya generasi (iterasi)

Parameter ini menentukan banyaknya siklus reproduksi GA berupa tahap *crossover*, mutasi, dan seleksi.

b) Ukuran populasi (*pop size*)

Parameter ini menentukan banyaknya jumlah kromosom yang diproses dalam satu iterasi.

c) Peluang *crossover* (*cr*)

Parameter ini adalah penentu suatu kromosom melakukan *crossover* atau tidak. Nilai *cr* adalah bilangan riil antara 0 dan 1.

d) Peluang mutasi (*mr*)

Parameter ini adalah penentu suatu kromosom melakukan mutasi atau tidak. Nilai *mr* adalah bilangan riil antara 0 dan 1.

## 3. Pembangkitan Populasi Awal

Populasi awal dibentuk dengan cara membangkitkan kromosom secara acak sebanyak *pop size*.

## 4. *Crossover*

Tahap *crossover* digunakan untuk menghasilkan kromosom baru yang berasal dari dua kromosom yang berasal dari populasi. Metode *crossover* yang digunakan pada penelitian ini adalah *uniform crossover*. Berikut adalah langkah-langkah yang digunakan pada *crossover*:

a) Pilih dua kromosom berurutan, yaitu  $P_i$  dan  $P_{i+1}$  dengan  $i$  bilangan bulat.

Misalkan kromosom tersebut adalah  $P_1$  dan  $P_2$ .

b) Bangkitkan bilangan acak antara 0 dan 1;

c) Jika nilai bilangan acak tersebut kurang dari nilai *cr*, maka  $P_1$  dan  $P_2$  akan mengalami proses *crossover* pada Langkah d. Jika nilainya lebih besar atau sama dengan *cr*, maka ulangi langkah a;

- d) Bangkitkan bilangan bulat sebanyak 50% dari banyaknya gen secara acak antara 1 sampai banyaknya gen;
- e) Tukar nilai gen P<sub>1</sub> dan P<sub>2</sub> pada urutan terpilih pada langkah keempat sehingga diperoleh P<sub>1</sub> dan P<sub>2</sub> baru;
- f) Tetapkan P<sub>1</sub> baru sebagai *offspring 1* dan P<sub>2</sub> baru sebagai *offspring 2*.

Gambar 3.2 adalah contoh kromosom dengan panjang 14 gen yang melakukan *crossover* pada gen dengan urutan 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan menghasilkan 2 *offspring*.

1	3	2	3	1	4	3	5	2	2	3	1	1	5	P1
1	4	1	3	2	5	3	1	3	4	2	2	2	3	P2

1	4	1	3	2	5	3	5	2	2	3	1	1	5	<i>offspring 1</i>
1	3	2	3	1	4	3	1	3	4	2	2	2	3	<i>offspring 2</i>

Gambar 3.2 Contoh Representasi *Crossover* Kromosom dan *Offspring*.

#### 5. Menghitung Nilai *Fitness*

Pemilihan kromosom yang akan digunakan sebagai *parent* pada generasi selanjutnya dilakukan dengan seleksi berdasarkan nilai *fitness*. Besarnya nilai *fitness* pada masalah penjadwalan pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif ini bergantung pada pelanggaran batasan yang terjadi. Ini mengakibatkan semakin sedikit pelanggaran maka nilai *fitness*nya semakin besar. Oleh karena itu, pada penelitian ini semakin besar nilai *fitness* maka solusi yang diperoleh semakin optimal. Berdasarkan ketentuan tersebut nilai *fitness* dapat diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$\text{nilai fitness} = \frac{100}{1 + \sum X1 + \sum X2 + \sum X3}$$

Nomor pelanggaran dan keterangannya, jenis pelanggaran, dan nilai pelanggaran disajikan pada Tabel 3.2.

Setelah nilai *fitness* kromosom diperoleh pada iterasi terakhir, selanjutnya dihitung banyaknya kelompok pramugara dan pramugari yang ditugaskan. Semakin sedikit kelompok yang ditugaskan dengan memerhatikan batasan yang ada, maka kromosom tersebut semakin baik.

Tabel 3.2 Nilai Pelanggaran.

Nomor Pelanggaran	Keterangan	Jenis Pelanggaran	Nilai Penggaran
X1	Pramugara dan pramugari hanya berdinas pada 1 kereta untuk 1 perjalanan dinas.	<i>Hard Constraint</i>	20
X2	Pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif berhak mendapatkan libur 2 hari setelah melakukan perjalanan dinas jika ditempatkan pada kereta jenis satu atau dua; Mendapatkan libur 1 hari jika ditempatkan pada kereta jenis 3.	<i>Hard Constraint</i>	20
X3	Pramugara dan pramugari melakukan perjalanan sebanyak minimal 3 kali untuk kereta jenis 1, dua kali untuk kereta jenis 2, dan dua kali perjalanan dinas untuk kereta jenis 1 dalam 7 hari.	<i>Soft Constraint</i>	5

## 6. Mutasi

Setelah melalui proses *crossover*, seluruh kromosom *offspring* melalui tahap mutasi. Tahap mutasi ini menggunakan satu kromosom untuk bertukar dua nilai dalam urutan gen terpilih. Operator mutasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *adaptive mutation* dengan teknik mutasi yang digunakan adalah *swap mutation*. Berikut adalah tahapan mutasi:

- a) Tentukan kromosom yang akan melalui proses mutasi;
- b) Tentukan nilai  $mr$  kromosom dengan aturan persamaan berikut:

$$mr_{kromosom} = \text{nilai awal } mr \pm 10\%$$

$mr$  kromosom sama dengan nilai awal  $mr$  ditambah 10% jika persentase nilai  $fitness$  kromosom kurang dari 10% nilai  $fitness$  optimal;  $mr$  kromosom sama dengan nilai awal  $mr$  dikurangi 10% jika persentase nilai  $fitness$  kromosom lebih dari atau sama dengan 10% nilai  $fitness$  optimal.

- c) Bangkitkan bilangan acak antara 0 dan 1;
- d) Apabila nilai bilangan acak kurang dari nilai  $mr$  kromosom maka proses mutasi dapat dilakukan. Jika nilainya lebih besar atau sama dengan  $mr$ , maka ulangi langkah a;
- e) Bangkitkan dua bilangan bulat secara acak antara 1 sampai banyaknya gen. Dua bilangan tersebut merepresentasikan posisi gen yang akan ditukar;
- f) Tukar nilai gen dengan urutan terpilih pada langkah e.

Gambar 3.3 adalah contoh kromosom dengan panjang 14 gen yang melakukan mutasi pada gen dengan urutan 1 dan 3.

1	3	2	3	1	4	3	5	2	2	3	1	1	5	Kromosom 1
2	3	1	3	1	4	3	5	2	2	3	1	1	5	Kromosom bermutasi

Gambar 3.3 Contoh Representasi Mutasi dan Hasil Mutasi Kromosom

Kromosom yang melakukan mutasi selanjutnya dilakukan proses perhitungan nilai  $fitness$  dan akan dibandingkan dengan kromosom lainnya dalam proses seleksi.

## 7. Seleksi

Seleksi kromosom dilakukan untuk memilih kromosom sebanyak  $pop\ size$  yang akan digunakan sebagai populasi awal untuk generasi selanjutnya. Hal ini dilakukan secara terus menerus hingga iterasi terakhir tercapai. Seleksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *elitist selection*. Langkah-langkah yang digunakan pada seleksi tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Kumpulkan kromosom *parent* dan *offspring* pada populasi baru;

- b) Himpun data nilai *fitness* kromosom;
- c) Urutkan kromosom mulai dari nilai *fitness* tertinggi ke terendah;
- d) Pilih kromosom urutan pertama sampai urutan ke- $n$  dengan  $n$  adalah *pop size*.

Langkah 1 sampai 7 merupakan tahapan untuk 1 generasi dalam GA. Tahapan tersebut akan diulang sampai iterasi terakhir tercapai.

### 3.5 Contoh Kasus dan Penyelesaiannya

Berikut adalah contoh kasus penjadwalan pramugara dan pramugari yang diselesaikan dengan menggunakan GA. Misalkan terdapat enam kelompok pramugara dan pramugari yang dapat ditempatkan pada KAJJ kelas eksekutif yang berjumlah dua kereta, di mana kereta satu berdinasi 3 hari dan kereta dua berdinasi 2 hari dan penjadwalan disusun untuk periode tujuh hari. Akan ditentukan banyaknya kelompok pramugara dan pramugari minimum untuk ditugaskan pada dua kereta tersebut.

Tahap awal pada teknik penyelesaian menggunakan GA adalah merepresentasikan solusi dalam bentuk kromosom. Panjang kromosom yang digunakan dalam contoh kasus ini adalah sama dengan perkalian antara banyak hari dengan banyak kereta, yaitu tujuh dikali dua gen. Gen-gen tersebut diisi oleh nomor kelompok pramugara dan pramugari kereta. Kelompok yang tersedia berjumlah enam, maka nomor kelompok yang digunakan yaitu 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Nomor kelompok tersebut ditempatkan secara acak pada gen yang ada.

Kromosom dikendalikan oleh parameter-parameter yang nilainya ditetapkan sebelum dilakukan pencarian solusi menggunakan GA. Misalkan nilai parameter GA yang dipilih adalah iterasi = 1, *pop size* = 4, *crossover rate* ( $cr$ ) = 0,8, dan *mutation rate* ( $mr$ ) = 0,3. Gambar 3.4 adalah populasi awal yang dibangkitkan secara acak.

1	3	2	3	1	4	3	5	2	2	3	1	1	5	Kromosom 1
1	4	1	3	2	5	3	1	3	4	2	2	2	3	Kromosom 2
3	2	4	1	4	5	2	3	5	5	5	4	1	1	Kromosom 3
6	3	3	3	2	1	4	2	5	1	3	2	1	3	Kromosom 4

Gambar 3.4 Representasi Populasi Kromosom Untuk Contoh Kasus.

Kromosom tersebut selanjutnya dipilih untuk dilakukan *crossover*. Tahap *crossover* membutuhkan dua kromosom sebagai *parent*. Misalkan pasangan kromosom yang terpilih dalam kasus ini adalah (1, 2) dan (3, 4). Untuk setiap pasang *parent* dibangkitkan sebuah bilangan acak antara 0 dan 1, misalkan terpilih secara berturut-turut 0,56 dan 0,86. Karena nilai bilangan acak pasangan (1, 2) kurang dari nilai *cr* dan nilai bilangan acak pasangan (3, 4) lebih dari nilai *cr*, maka hanya pasangan (1, 2) yang dilakukan *crossover*.

*Crossover* pada pasangan (1, 2) dilakukan menggunakan *uniform crossover*. Pertama, bangkitkan bilangan acak 1 sampai 14 sebanyak 50% dari 14, yaitu sebanyak 7 bilangan. Misalkan bilangan acak tersebut adalah 1, 3, 4, 6, 7, 9, dan 12. Bilangan acak tersebut merepresentasikan urutan gen yang akan melakukan pertukaran antar kromosom. Kromosom baru yang dihasilkan dari pertukaran gen disebut kromosom anak atau *offspring*. Kromosom *parent* dan kromosom *offspring* yang dihasilkan disajikan pada Gambar 3.5.

1	3	2	3	1	4	3	5	2	2	3	1	1	5	Kromosom 1
1	4	1	3	2	5	3	1	3	4	2	2	2	3	Kromosom 2
1	3	1	3	1	5	3	5	3	2	3	2	1	5	<i>Offspring 1</i>
1	4	2	3	2	4	3	1	2	4	2	1	2	3	<i>Offspring 2</i>

Gambar 3.5 Representasi Crossover dan Offspring Untuk Contoh Kasus.

Setelah proses *crossover*, semua kromosom baik *parent* maupun *offspring* dilakukan perhitungan nilai *fitness*nya. Jumlah pelanggaran yang dilakukan dalam kromosom dan nilai *fitness*nya disajikan dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data Pelanggaran dan Nilai *Fitness* Kromosom.

Kromosom	Pelanggaran			Nilai <i>Fitness</i>
	X1	X2	X3	
1	5	1	4	0,70922
2	6	0	5	0,684932
3	9	0	5	0,485437
4	7	1	4	0,552486
<i>offspring 1</i>	0	1	0	4,761905
<i>offspring 2</i>	7	0	5	0,621118

Proses selanjutnya adalah mutasi dari kromosom *offspring* terpilih. Penentuan kromosom yang akan melakukan proses mutasi dimulai dari *offspring 1*. Nilai *fitness offspring 1* dan *2* kurang dari 10% nilai *fitness* optimal maka berdasarkan aturan *adaptive mutation* dengan  $mr$  awal = 0,3 diperoleh  $mr$  *offspring 1* adalah  $0,3 + 0,1 = 0,4$  dan  $mr$  *offspring 2* adalah  $0,3 + 0,1 = 0,4$ . Penentuan kromosom mana yang melakukan mutasi dilakukan dengan membangun bilangan acak antara 0 dan 1. Misalkan bilangan acak untuk *offspring 1* adalah 0,64 dan *offspring 2* adalah 0,36. Berdasarkan bilangan acak yang dibangun, maka hanya *offspring 2* yang melakukan mutasi karena nilainya kurang dari  $mr$  kromosom.

Berdasarkan seleksi kromosom tersebut, selanjutnya dibangun 2 bilangan acak antara 1 dan 14 untuk menentukan urutan gen yang akan bertukar posisi pada *offspring 2*. Misalkan bilangan acak yang diperoleh adalah 1 dan 9. Maka gen urutan ke-1 dan ke-9 pada *offspring 2* dilakukan pertukaran (*swap*). Kromosom *offspring 2* sebelum dan sesudah dilakukan *swap* disajikan pada Gambar 3.6.

Sebelum dilakukan mutasi:

1	4	2	3	2	4	3	1	2	4	2	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

*Offspring 2*

Setelah dilakukan mutasi:

2	4	2	3	2	4	3	1	1	4	2	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

*Offspring 2*

Gambar 3.6 Representasi Kromosom Sebelum dan Sesudah Mutasi.

Kromosom *offspring* 2 kemudian dilakukan perhitungan ulang untuk menentukan nilai *fitness*-nya. *Offspring* 2 melakukan pelanggaran batasan X1 sebanyak 5, X2 sebanyak 0, X3 sebanyak 4 sehingga nilai *fitness*-nya adalah 0,826446.

Tahap seleksi *parent* menggunakan metode *elitist selection* dimulai dengan mengumpulkan kromosom *parent* dan *offspring* beserta nilai *fitness*-nya pada satu populasi kemudian kromosom diurutkan berdasarkan nilai *fitness*-nya. Hasil Pengelompokan dan pengurutan kromosom *parent* dan *offspring* disajikan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Data Kromosom yang diurutkan berdasarkan nilai *fitness*-nya.

Nomor	Kromosom	Nilai <i>Fitness</i>
1	<i>Offspring</i> 1	4,761905
2	<i>Offspring</i> 2	0,826446
3	Kromosom 1	0,70922
4	Kromosom 2	0,684932
5	Kromosom 4	0,552486
6	Kromosom 3	0,485437

Berdasarkan nilai parameter *pop size* = 4, maka 4 kromosom dengan urutan teratas dipilih sebagai populasi awal untuk iterasi selanjutnya. Berdasarkan nilai parameter iterasi = 1, maka kromosom nomor 1 menjadi solusi terbaik karena memiliki nilai *fitness* terbesar dan menggunakan 4 kelompok yang ditugaskan pada kereta untuk periode tujuh hari. Berdasarkan solusi terbaik yang diperoleh menggunakan GA, penjadwalan kelompok pramugara dan pramugari KAJJ kelas eksekutif di Pulau Jawa dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Penjadwalan Kelompok Pramugara dan Pramugari Berdasarkan Kromosom Hasil GA.

Hari Ke-	Nama Kereta	Nomor Kelompok
1	Kereta satu	1
	Kereta dua	3
2	Kereta satu	1
	Kereta dua	3
3	Kereta satu	1
	Kereta dua	5
4	Kereta satu	3
	Kereta dua	5
5	Kereta satu	3
	Kereta dua	2
6	Kereta satu	3
	Kereta dua	2
7	Kereta satu	1
	Kereta dua	5