

## Optimasi Lepasn Waduk Logung dengan Algoritma Genetik

Widyayuni Nur Harjanti\*<sup>1</sup>, Suseno Darsono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Diponegoro  
Jalan Prof. Soedarto, SH. Tembalang, Semarang

Submitted : 25, Februari, 2020; Accepted: 25, Maret, 2020

### Abstrak

Waduk Logung sebagai salah satu waduk multiguna yaitu berfungsi untuk pemenuhan kebutuhan air irigasi seluas 2805 Ha dan air baku sebesar 200 liter/detik. Akibat perubahan iklim maka ketersediaan air pada waduk dapat berlebihan dan kekurangan, untuk itu diperlukan pedoman lepasan operasi waduk guna mengatur pemberian air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan aturan lepasan operasi waduk Logung yang optimal sehingga pemenuhan kebutuhan minimum air irigasi dan air baku dapat ditingkatkan. Metode optimasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Algoritma Genetik. Analisis dilakukan dengan bantuan program komputer Ms. Excel-Visual Basic. Hasil analisis dengan interval 5% dari pedoman lepasan tampungan antara 0-100% diperoleh lepasan waduk sebagai berikut 8,43%; 15,40%; 22,59%; 29,84%; 37,53%; 46,34%; 50,79%; 52,12%; 53,42%; 53,76%; 57,67%; 60,28%; 62,40%; 66,87%; 71,64%; 76,58%; 80,98%; 84,70%; 90,14%; 96,41%; 100%. Berdasarkan hasil analisis dengan metode Algoritma Genetik diperoleh nilai minimum pemenuhan irigasi sebesar 46,34%, meningkat sebesar 1,50% dibandingkan sebelum dilakukan optimasi.

**Kata Kunci :** Algoritma Genetik ; lepasan waduk; Logung; optimasi

### Abstract

*Logung Reservoir as one of the multipurpose reservoirs is using for irrigation water supply that served an area of 2805 Ha and raw water of 200 liters / second. Due to climate change, the required water in reservoirs can be excessive and deficient, for that we need guidelines on releasing reservoir operations for licensed water. The purpose of this study is to obtain optimal rules for the release of Logung Reservoir operations that need to meet increase of minimum irrigation water requirements and raw water. The optimization method used in this research is the Genetic Algorithm method. The analysis was carried out with the help of computer program Ms. Excel-Visual Basic. The results of the analysis with a 5% interval from the provisions of the reservoir discharge between 0-100% obtained the following reservoir release 8,43%; 15,40%; 22,59%; 29,84%; 37,53%; 46,34%; 50,79%; 52,12%; 53,42%; 53,76%; 57,67%; 60,28%; 62,40%; 66,87%; 71,64%; 76,58%; 80,98%; 84,70%; 90,14%; 96,41%; 100%. Based on the analysis using*

*using the Genetic Algorithm method, the minimum of irrigation fulfillment value is 46,34%, an increase of 1,50% compared to before optimization.*

**Keywords :** Genetic Algorithm; release of reservoirs; Logung; optimization.

## A. PENDAHULUAN

Waduk Logung adalah waduk multiguna yang berfungsi sebagai pemenuhan kebutuhan air irigasi seluas 2805 Ha, pelayanan kebutuhan air baku sebesar 200 liter/detik dan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan kapasitas 0,5 Megawatt. Waduk multiguna merupakan waduk yang berpotensi terjadi konflik, selain itu tingginya intensitas curah hujan setelah terjadinya perubahan iklim berdampak terhadap fluktuasi debit sungai pada musim hujan dan kemarau (Irvani, *et al.*, 2013). Akibatnya ketersediaan air dapat berlebih maupun kekurangan sehingga dalam pemenuhan kebutuhan air tersebut diperlukan pedoman tentang aturan lepasan operasi waduk. Pedoman ini digunakan untuk mengatur jumlah air yang dikeluarkan waduk sesuai dengan ketersediaan air yang ada, namun sampai dengan penelitian ini disusun pedoman tentang pola operasi waduk Logung belum ditetapkan.

Penelitian ini menggunakan metode optimasi Algoritma Genetik. Penggunaan metode Algoritma Genetik lebih kuat dalam menyelesaikan permasalahan kompleks pada waduk multifungsi (Sonaliya & Suryanarayana, 2014). Algoritma Genetik dimulai dengan populasi yang dihasilkan secara acak, dan kemajuan menuju populasi yang lebih baik dengan menerapkan operator genetik yang dimodelkan pada proses genetik yang terjadi di alam (Aly, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pola operasi waduk yang paling optimal dalam memenuhi seluruh kebutuhan air dengan optimasi

menggunakan metode Algoritma Genetik. Ruang lingkup yang digunakan dalam penelitian ini adalah optimasi pola operasi waduk Logung dengan lepasan waduk berdasarkan kebutuhan air irigasi dan air baku. Dengan adanya hasil analisis optimasi pola operasi waduk Logung diharapkan dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam penyusunan pedoman pola operasi waduk Logung oleh instansi yang berwenang.

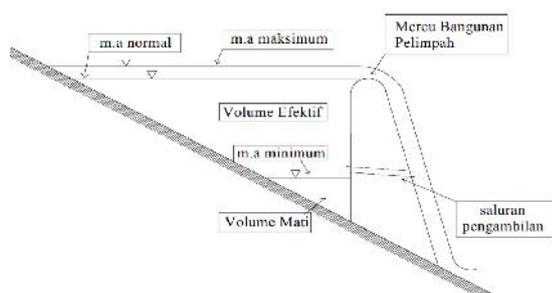
## B. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Waduk

Waduk merupakan salah satu sarana pemanfaatan sumber daya air yang mempunyai fungsi sebagai tampungan air. Ciri fisik suatu waduk adalah sebagai berikut (Sudjarwadi, 1988) dalam (Priyanto, *et al.*, 2016) sebagaimana disajikan dalam skema pembagian Zona tampungan waduk pada Gambar 1:

- a. Tampungan efektif atau Kapasitas Berguna (*useful storage*), adalah volume tampungan diantara Muka air Minimum (*Low Water Level/LWL*) dan muka air normal (*Normally Water Level/NWL*).
- b. Tampungan tambahan (*surcharge storage*) adalah volume air di atas muka air normal selama banjir. Untuk beberapa saat debit meluap melalui pelimpah kapasitas tambahan ini umumnya tidak terkendali, dengan pengertian adanya hanya pada waktu banjir dan tidak dapat dipertahankan untuk penggunaan selanjutnya.
- c. Tampungan mati (*dead storage*) adalah volume air yang terletak di bawah muka air minimum dan air ini

- tidak dimanfaatkan dalam pengoperasian waduk.
- d. Tampungn tebing (*valley storage*) adalah banyaknya air yang terkandung di dalam susunan tanah pervious dari tebing dan lembah sungai.
  - e. Permukaan genangan normal (*normal water level/NWL*) adalah elevasi maksimum yang dicapai oleh permukaan air waduk.
  - f. Permukaan genangan minimum (*low water level/LWL*) adalah elevasi terendah bila tampungn dilepaskan pada kondisi normal.
  - g. Permukaan genangan pada banjir rencana adalah elevasi air selama banjir maksimum direncanakan terjadi (*flood water level/FWL*)
  - h. Pelepasan (*release*) adalah volume air yang dilepaskan secara terkendali dari suatu waduk selama kurun waktu tertentu.
  - i. Periode Kritis (*critical periode*) adalah periode dimana sebuah waduk berubah dari kondisi penuh ke kondisi kosong tanpa melimpah selama periode tersebut.

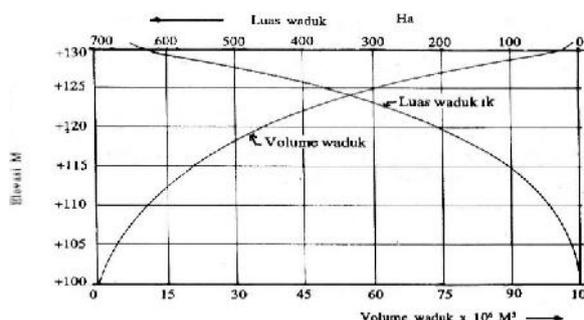


**Gambar 1.** Zona Tampungn Waduk

## 2. Lengkung Kapasitas Waduk

Lengkung kapasitas waduk (*storage capacity curve of reservoir*) merupakan suatu kurva yang menggambarkan hubungan antara luas muka air (*reservoir area*), volume (*storage capacity*) dengan elevasi (*reservoir water level*). Dari lengkung kapasitas waduk ini akan diketahui berapa besarnya tampungn pada elevasi

tertentu, sehingga dapat ditentukan ketinggian muka air yang diperlukan untuk mendapatkan besarnya volume tampungn pada suatu elevasi. Kurva ini juga dipergunakan untuk menentukan besarnya kehilangan air akibat perkolasi yang dipengaruhi oleh luas muka air pada elevasi tertentu. Contoh kurva Lengkung Kapasitas Waduk disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Lengkung kapasitas waduk  
 Sumber : (Sudjarwadi, 1988)

## 3. Pola Operasi waduk

Operasi waduk (*reservoir operation*) adalah penampungn aliran air sungai ke dalam sebuah waduk (*reservoir*) dan pelepasan daripada air yang telah ditampung tersebut untuk berbagai tujuan tertentu. Sedangkan pola operasi adalah patokan operasional periode suatu waduk dimana debit air yang dikeluarkan oleh waduk harus mengikuti ketentuan agar elevasinya terjaga sesuai dengan rancangan. Persamaan waduk dinyatakan pada persamaan (1) berikut (Soetopo, W., 2010) dalam (Samosir, *et al.*, 2011):

$$S_{t+1} = S_t + I - O \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- $S_{t+1}$  = Tampungn pada akhir periode t
- t = Interval waktu yang digunakan
- $S_t$  = Tampungn pada awal periode t
- I = Total volume debit inflow yang masuk ke waduk selama periode t
- O = Total volume outflow yang keluar dari waduk selama periode t

Penerapan pola operasi waduk untuk pengendalian banjir, mengusahakan agar waduk sebelum musim penghujan dalam kondisi kosong sedangkan waduk yang berfungsi untuk PLTA tetap mempertahankan tinggi muka air yang tetap. Maka pola operasi yang digunakan dalam kondisi ini adalah kompromi antara berbagai kebutuhan meskipun tidak akan diperoleh hasil yang maksimal (Kementerian PUPR, 2017).

#### 4. Lepas an Pola Operasi Waduk

Volume air yang dilepas kan dari waduk umumnya sama dengan volume kebutuhan air. Hal ini akan memungkinkan pada suatu saat elevasi muka air waduk menjadi sangat rendah (dibawah elevasi operasional minimum) sehingga tidak dapat melayani kebutuhan, kecuali bila ada kebijakan yang mengatur bahwa hanya sebagian kebutuhan air yang dilayani dari waduk (Mc. Mahon and Mein, 1978:16) dalam (Huda, *et al.*, 2010). Cara mengontrol pelepas an air ini disebut pedoman operasi waduk.

Aturan Lepas an Operasi Waduk merupakan pedoman dalam melepas kan jumlah air dari waduk untuk memenuhi berbagai kebutuhan sesuai dengan kondisi yang berlaku (Iqbal, *et al.*, 2015). Lepas an berdasarkan tampungan waduk adalah lepas an yang diukur releasenya tergantung dari prosentase penuhnya kapasitas tampungan aktif waduk guna memenuhi kebutuhan air. Semakin kecil tampungan yang tersedia maka semakin kecil pula prosentase lepasannya, begitupun sebaliknya.

Parameter yang digunakan dalam penerapan pedoman lepas an operasi waduk berdasarkan tampungan adalah sebagai berikut :

a. Tampungan Waduk (%)

Besarnya tampungan waduk diukur dengan prosentase tampungan terhadap kapasitas tampungan aktif

b. Lepas an Kebutuhan (%)

Besarnya pemenuhan diukur dengan melihat kondisi/status tampungan waduk. Artinya apabila kondisi tampungan waduk menurun maka prosentase lepas an sesuai kebutuhan juga menurun.

#### 5. Teknik Optimasi Operasi Waduk

Model atau teknik optimasi merupakan salah satu cara untuk mengatasi masalah dalam bidang sumber daya air, contohnya adalah dalam permasalahan pengoperasian waduk. Hasil dari optimasi waduk berupa *rule curve* yang dapat digunakan sebagai pedoman pengoperasian waduk pada saat tahun basah, normal, dan kering (Darsono, *et al.*, 2014).

#### 6. Optimasi dengan Algoritma Genetik

Algoritma Genetik (AG) adalah salah satu metode dari kelompok Simulasi untuk optimasi. Metode Genetic Algorithms (GA) menggunakan informasi fungsi tujuan secara langsung, dan tidak membutuhkan fungsi turunan atau fungsi tambahan lainnya (Samosir *et al.*, 2011). Model AG berpusat pada struktur daripada kromosom yang mewakili alternatif solusi. Jadi sebuah kromosom merupakan sekumpulan variabel-variabel keputusan seperti dalam Gambar 3.

|       |       |       |       |     |       |
|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| VAR-1 | VAR-2 | VAR-3 | VAR-4 | ... | VAR-P |
|-------|-------|-------|-------|-----|-------|

**Gambar 3.** Kromosom sebagai Alternatif Solusi

Sumber: (Soetopo, 2012)

Dalam proses analisis AG, perhitungan yang dilakukan melibatkan jumlah angka yang sangat banyak. Untuk mempermudah maka digunakan

bantuan program komputer Ms. Excel-Visual Basic.

Model AG berpusat pada kromosom yang mewakili alternatif solusi, yaitu berupa aturan lepasan waduk. Fungsi tujuan yang digunakan adalah memaksimalkan kebutuhan minimum untuk pemenuhan irigasi. Sedangkan fungsi batasan yang digunakan adalah debit inflow dan tampungan waduk.

Secara garis besar maka proses pengembangan populasi kromosom dengan cara AG itu terdiri dari komponen berikut ini:

- a. Inisialisasi adalah langkah awal yang bertujuan untuk menghasilkan sekumpulan alternatif aturan lepasan waduk. Alternatif tersebut dilakukan dengan pencarian secara acak dan berulang.
- b. *Crossover* adalah persilangan atau pengembangan alternatif awal yang dihasilkan dari proses inisialisasi. Hasil persilangan ini membentuk populasi dari generasi berikutnya. Untuk variabel ke- $i$ , maka rumus stokastik penggabungan dihitung dengan persamaan (2).

$$V_i = V_{1i} \times U [0,1] + V_{2i} \times (1-U [0,1]) \dots (2)$$

dimana:

$V_i$  = variabel dari kromosom baru gabungan,

$V_{1i}, V_{2i}$  = variabel masing-masing dari kedua kromosom generasi turunan,

$U [0,1]$  = bilangan acak uniform antara 0 dan 1.

Jadi semua variabel  $V_i$  dari sebuah kromosom baru dibentuk dengan persamaan (2) tersebut. Pada contoh kasus ini maka pembentukan kromosom baru dilakukan oleh setiap pasangan yang berbeda dari kromosom generasi turunan sehingga terbentuklah suatu populasi baru kromosom dari generasi berikutnya.

- c. Reproduksi adalah proses seleksi terhadap kromosom (alternatif aturan lepasan waduk) hasil *crossover*. Hasil proses reproduksi merupakan alternatif lepasan waduk terbaik berdasarkan nilai kinerja setiap lepasan waduk berupa pemenuhan minimum kebutuhan irigasi. Generasi hasil seleksi inilah yang akan menjadi generasi turunan berikutnya.
- d. Mutasi adalah perubahan yang terkadang terjadi diantara variabel-variabel dari kromosom. Perubahan ini terjadi secara acak dan mempunyai probabilitas yang kecil. Proses optimasi AG terutama dilakukan oleh reproduksi dan *crossover* secara bergantian menghasilkan generasi turunan dari kromosom yang semakin baik dan juga semakin homogen. Akan tetapi dalam kondisi homogen ini maka dapat terjadi hilangnya informasi penting pada kromosom yang sebetulnya masih dapat digunakan. Mutasi ini berfungsi untuk menjaga agar informasi penting semacam itu tidak terlewatkan (Soetopo, 2012). Pada penelitian ini, proses mutasi tidak diikutsertakan.

## C. METODE PENELITIAN

### 1. Lokasi Penelitian

Waduk Logung terletak di hilir pertemuan antara Sungai Logung dengan Sungai Gajah di Dukuh Slalang, Desa Tanjungrejo, Kecamatan Jekulo. Sedangkan secara geografis lokasi bendungan terletak pada posisi  $110^{\circ} 55' 20,27''$  BT dan  $06^{\circ} 45' 28,38''$  LS dalam wilayah administrasi Kabupaten Kudus Provinsi Jawa Tengah.

### 2. Data Penelitian

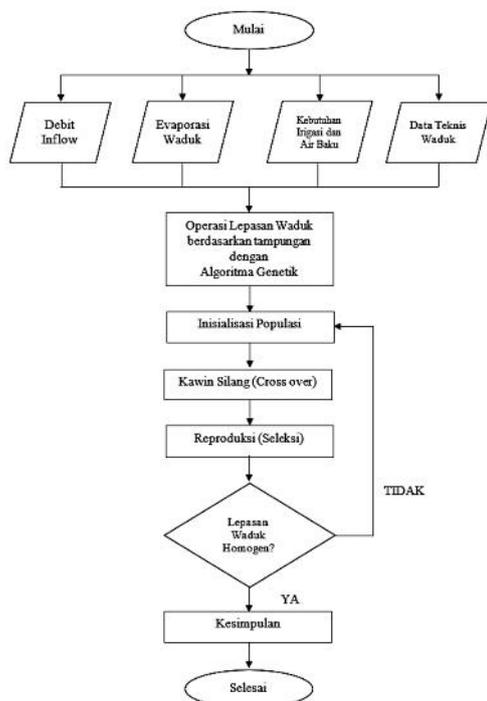
Data yang digunakan dalam penelitian adalah data debit inflow waduk Logung yang berasal dari hasil penelitian sebelumnya (Jamil, 2019),

data kebutuhan air, data evaporasi waduk, dan data teknis waduk berasal dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana.

### 3. Tahapan Analisis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode algoritma genetik dalam menentukan aturan lepasn waduk. Penelitian diawali dengan analisis secara langsung kinerja aturan lepasn waduk (kromosom) selama 10 tahun yang memiliki periode 15 harian. Pemenuhan kebutuhan minimum dihitung untuk irigasi dan air baku sebagai fungsi tujuan.

Aturan lepasn ditetapkan berdasarkan tampungan waduk dimulai dari 0-100% dengan interval 5%. Pada setiap interval persen waduk pada periode tertentu memiliki prosentase lepasn yang berbeda-beda. Bagan alir penelitian disajikan dalam Gambar 4.



**Gambar 4.** Bagan Alir Penelitian

Tahapan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Pengumpulan data sebagai input pada analisis dengan AG yaitu data debit inflow, evaporasi waduk, kebutuhan irigasi dan air baku, dan data teknis waduk.
- Proses inisialisasi dilakukan sebagai langkah awal dalam proses AG, tahap selanjutnya dilakukan proses analisis *crossover* dan reproduksi yang diulang beberapa kali. Semua analisis tersebut dibantu dengan *Ms.Excel-Visual Basic*.
- Analisis AG dinyatakan selesai apabila telah mendapatkan hasil alternatif aturan lepasn waduk yang seragam (homogen).

### D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara garis besar, metode AG terdiri dari inisialisasi, *crossover*, dan reproduksi. Dalam model AG, fungsi tujuannya adalah untuk meningkatkan pemenuhan kebutuhan minimum irigasi dan air baku. Model AG berpusat pada struktur kromosom, yang dalam hal ini adalah aturan lepasn waduk yang mewakili alternatif solusi. Kromosom dapat dikatakan interval lepasn waduk yang bermacam-macam variasinya dan mempunyai nilai kinerja berdasarkan fungsi tujuan. Jumlah kromosom (aturan lepasn waduk) untuk generasi awal berjumlah 16 kromosom, dan setiap kromosom memiliki 21 gen atau variabel yang dibangkitkan secara acak. Jadi sebuah kromosom merupakan sekumpulan variabel-variabel keputusan yang memiliki nilai kinerja pada tiap gen.

#### 1. Inisialisasi

Langkah awal dalam proses optimasi dengan AG adalah melakukan inisialisasi yaitu mencari alternatif lepasn awal dari aturan lepasn waduk. Populasi pertama dibangkitkan secara stokastik sebanyak 16 kromosom (aturan lepasn waduk). Pada satu kromosom

alternatif lepasn dibangkitkan melalui dua tahap yaitu:

- 5000 iterasi awal
- 1000 iterasi lanjutan dengan kisaran acak 0,3000 – 0,0005

Berikut adalah input yang menjadi bagian dari proses optimasi AG dengan Ms. *Excel-Visual Basic* dalam perhitungan optimasi:

Banyaknya generasi : 16

Iterasi :

Iterasi awal = 5000

Iterasi lanjutan = 1000

Kisaran acak : 0,3000 – 0,0005

Hasil perhitungan inisialisasi disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil bangkitan populasi awal dari proses inisialisasi

| No.       | 1                | 2      | 3      | 4      | 5      | - | 120    |
|-----------|------------------|--------|--------|--------|--------|---|--------|
| Kinerja   | 48.09            | 43.89  | 44.02  | 45.70  | 46.71  |   | 47.36  |
| Tampungan | Lepasn Waduk [%] |        |        |        |        |   |        |
| Waduk [%] | 1                | 2      | 3      | 4      | 5      | - | 120    |
| 0.00      | 6.25             | 1.38   | 5.96   | 1.47   | 2.93   | - | 7.65   |
| 5.00      | 10.04            | 9.56   | 12.51  | 9.57   | 3.48   | - | 15.73  |
| 10.00     | 15.57            | 13.46  | 18.75  | 17.77  | 9.96   | - | 21.04  |
| 15.00     | 21.65            | 17.95  | 26.04  | 25.65  | 19.21  | - | 28.49  |
| 20.00     | 27.64            | 24.55  | 33.43  | 32.98  | 28.37  | - | 35.20  |
| 25.00     | 34.90            | 32.82  | 41.74  | 42.65  | 37.37  | - | 42.87  |
| 30.00     | 39.59            | 37.13  | 43.13  | 43.93  | 43.28  | - | 47.36  |
| 35.00     | 42.04            | 38.91  | 43.31  | 48.02  | 45.24  | - | 54.21  |
| 40.00     | 44.79            | 42.42  | 44.96  | 51.24  | 48.80  | - | 55.36  |
| 45.00     | 47.47            | 45.29  | 48.82  | 55.23  | 51.22  | - | 55.93  |
| 50.00     | 51.12            | 50.20  | 50.85  | 60.20  | 53.40  | - | 57.61  |
| 55.00     | 57.35            | 56.68  | 58.05  | 62.59  | 57.18  | - | 63.96  |
| 60.00     | 63.73            | 64.39  | 63.45  | 70.18  | 61.67  | - | 64.46  |
| 65.00     | 64.97            | 71.33  | 67.08  | 74.01  | 66.34  | - | 67.03  |
| 70.00     | 67.48            | 74.03  | 72.39  | 78.62  | 73.00  | - | 68.75  |
| 75.00     | 71.89            | 79.30  | 75.16  | 79.29  | 73.35  | - | 73.52  |
| 80.00     | 77.84            | 84.99  | 80.35  | 83.24  | 75.13  | - | 76.77  |
| 85.00     | 83.08            | 90.61  | 85.97  | 87.99  | 82.36  | - | 81.28  |
| 90.00     | 87.05            | 92.05  | 89.69  | 91.25  | 87.54  | - | 87.76  |
| 95.00     | 93.54            | 93.23  | 91.29  | 92.56  | 90.38  | - | 96.80  |
| 100.00    | 100.00           | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | - | 100.00 |

## 2. Crossover

Setelah terbentuk 16 alternatif lepasn (kromosom) pada generasi pertama hasil bangkitan dari proses inisialisasi kemudian dilakukan proses

*crossover*. Proses ini merupakan persilangan antara alternatif lepasn dengan alternatif lepasn pada suatu generasi turunan, dengan salah satu contoh perhitungan *crossover* pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Populasi aturan lepasn waduk hasil kombinasi antar generasi pada proses *Crossover*

| Kromosom<br>1 | Kromosom<br>2 | Bilangan<br>Acak | Kromosom<br>Gabung |
|---------------|---------------|------------------|--------------------|
| 4.69          | 8.46          | 0.8280           | 6.64               |
| 12.33         | 17.28         | 0.8809           | 13.29              |
| 17.64         | 21.78         | 0.1740           | 20.81              |
| 24.02         | 29.16         | 0.8622           | 25.83              |
| 29.73         | 36.38         | 0.2802           | 32.34              |
| 34.77         | 44.58         | 0.7580           | 38.87              |
| 40.88         | 46.42         | 0.0535           | 43.92              |
| 46.82         | 56.02         | 0.1243           | 45.79              |
| 47.26         | 60.00         | 0.3291           | 54.30              |
| 47.45         | 62.19         | 0.8978           | 56.63              |
| 51.34         | 62.86         | 0.1010           | 57.82              |
| 60.56         | 68.84         | 0.1861           | 60.47              |
| 61.08         | 69.08         | 0.7855           | 67.46              |
| 65.57         | 69.80         | 0.1319           | 67.72              |

| Kromosom<br>1 | Kromosom<br>2 | Bilangan<br>Acak | Kromosom<br>Gabung |
|---------------|---------------|------------------|--------------------|
| 67.05         | 73.84         | 0.5148           | 70.02              |
| 72.01         | 77.72         | 0.3482           | 71.81              |
| 74.19         | 85.65         | 0.3243           | 75.75              |
| 80.44         | 87.73         | 0.0982           | 82.27              |
| 86.98         | 89.18         | 0.6162           | 85.79              |
| 96.55         | 97.18         | 0.9703           | 91.08              |
| 100.00        | 100.00        | 0.6511           | 100.00             |

### 3. Reproduksi

Proses reproduksi merupakan peningkatan kualitas dengan melakukan seleksi terhadap populasi alternatif lepasn. Dari 120 alternatif lepasn (kromosom) hasil *crossover* dipilih 16 alternatif lepasn terbaik berdasarkan fungsi kinerja/fungsi tujuan. Salah satu populasi hasil perbaikan reproduksi yang ke-3 disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Populasi hasil perbaikan pada reproduksi ke-3

| No.                    | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | ... | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| Kinerja                | 51.03  | 50.60  | 50.41  | 50.36  | 50.35  |     | 49.96  | 49.94  | 51.38  | 51.18  | 51.18  |
| Tampungan<br>Waduk [%] |        |        |        |        |        |     |        |        |        |        |        |
| 0.00                   | 9.03   | 6.75   | 8.30   | 7.95   | 7.68   |     | 8.02   | 8.76   | 8.28   | 8.29   | 8.29   |
| 5.00                   | 13.15  | 13.03  | 14.98  | 14.95  | 14.67  |     | 14.92  | 15.61  | 12.10  | 13.25  | 13.25  |
| 10.00                  | 21.16  | 20.59  | 23.38  | 20.90  | 22.03  |     | 22.32  | 20.91  | 20.07  | 18.90  | 18.90  |
| 15.00                  | 28.79  | 27.42  | 29.24  | 28.14  | 28.89  |     | 29.33  | 28.69  | 26.69  | 27.36  | 27.36  |
| 20.00                  | 37.20  | 35.32  | 38.55  | 35.48  | 36.04  |     | 36.48  | 36.77  | 35.23  | 34.83  | 34.83  |
| 25.00                  | 45.29  | 42.22  | 47.60  | 44.36  | 45.11  |     | 45.32  | 44.32  | 43.38  | 42.44  | 42.44  |
| 30.00                  | 48.72  | 46.63  | 49.59  | 49.50  | 49.96  |     | 49.88  | 47.64  | 46.49  | 46.05  | 46.05  |
| 35.00                  | 50.04  | 47.87  | 51.61  | 51.29  | 51.22  |     | 51.40  | 49.29  | 48.89  | 46.77  | 46.77  |
| 40.00                  | 52.55  | 49.81  | 53.15  | 52.95  | 53.41  |     | 52.42  | 51.18  | 51.76  | 49.38  | 49.38  |
| 45.00                  | 53.12  | 50.96  | 54.33  | 53.17  | 53.70  |     | 52.72  | 51.73  | 52.66  | 51.10  | 51.10  |
| 50.00                  | 57.34  | 54.18  | 57.07  | 57.68  | 58.94  |     | 58.05  | 55.69  | 55.65  | 53.66  | 53.66  |
| 55.00                  | 60.56  | 58.05  | 61.04  | 60.00  | 63.37  |     | 59.90  | 61.77  | 57.09  | 57.33  | 57.33  |
| 60.00                  | 61.71  | 59.40  | 63.62  | 62.47  | 66.48  |     | 63.27  | 63.24  | 61.63  | 59.88  | 59.88  |
| 65.00                  | 66.71  | 64.17  | 69.12  | 66.78  | 70.49  |     | 67.27  | 68.30  | 66.32  | 66.21  | 66.21  |
| 70.00                  | 71.51  | 69.21  | 75.58  | 71.30  | 74.76  |     | 71.86  | 74.03  | 72.59  | 71.28  | 71.28  |
| 75.00                  | 75.05  | 73.66  | 78.11  | 76.73  | 78.07  |     | 76.32  | 77.40  | 73.47  | 75.85  | 75.85  |
| 80.00                  | 80.87  | 77.29  | 80.97  | 83.23  | 85.03  |     | 82.07  | 81.96  | 80.47  | 78.87  | 78.87  |
| 85.00                  | 84.83  | 82.78  | 85.65  | 83.77  | 85.26  |     | 85.08  | 85.62  | 85.09  | 84.98  | 84.98  |
| 90.00                  | 91.05  | 88.18  | 90.18  | 89.07  | 90.14  |     | 90.01  | 91.35  | 90.95  | 90.51  | 90.51  |
| 95.00                  | 95.69  | 95.22  | 93.11  | 96.41  | 96.76  |     | 96.99  | 97.39  | 93.70  | 95.55  | 95.55  |
| 100.00                 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |     | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

#### 4. Kondisi Optimal

Proses perbaikan akan berhenti hingga antara alternatif lepasan satu dengan lainnya sudah identik satu sama lain atau seragam. Seragam (homogen)

dalam hal ini menandakan pada sebuah populasi sudah didominasi oleh satu jenis kromosom terbaik saja seperti pada Tabel 4. Maka sudah tidak memungkinkan lagi untuk melakukan perbaikan nilai kinerja.

**Tabel 4.** Rekap hasil iterasi optimasi metode AG yang seragam

| No. Generasi | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | ... | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Awal         | 50.03 | 49.10 | 48.80 | 48.20 | 47.29 |     | 44.69 | 44.31 | 44.05 | 43.89 | 43.53 | 42.53 |
| Turunan 1    | 52.41 | 52.10 | 51.07 | 51.03 | 50.85 |     | 50.15 | 50.11 | 49.96 | 49.83 | 49.77 | 49.74 |
| Turunan 2    | 51.38 | 51.18 | 50.60 | 50.10 | 49.90 |     | 51.07 | 51.07 | 51.03 | 51.03 | 51.03 | 50.85 |
| Turunan 3    | 51.03 | 50.60 | 50.41 | 50.36 | 50.35 |     | 50.00 | 49.96 | 49.94 | 51.38 | 51.18 | 51.18 |
| Turunan 4    | 51.14 | 50.59 | 50.48 | 50.45 | 50.43 |     | 50.29 | 50.28 | 50.25 | 50.14 | 50.08 | 50.07 |
| Turunan 5    | 50.63 | 50.61 | 50.60 | 50.56 | 50.45 |     | 50.32 | 50.28 | 50.28 | 50.27 | 50.20 | 50.19 |
| Turunan 6    | 50.71 | 50.62 | 50.60 | 50.56 | 50.54 |     | 50.47 | 50.47 | 50.47 | 50.44 | 50.42 | 50.41 |
| Turunan 7    | 50.73 | 50.71 | 50.71 | 50.69 | 50.69 |     | 50.61 | 50.58 | 50.56 | 50.55 | 50.54 | 50.54 |
| Turunan 8    | 50.72 | 50.67 | 50.66 | 50.66 | 50.65 |     | 50.62 | 50.60 | 50.59 | 50.58 | 50.55 | 50.71 |
| Turunan 9    | 50.71 | 50.71 | 50.71 | 50.71 | 50.70 |     | 50.67 | 50.66 | 50.66 | 50.66 | 50.66 | 50.65 |
| Turunan 10   | 50.72 | 50.72 | 50.71 | 50.70 | 50.70 |     | 50.68 | 50.68 | 50.68 | 50.68 | 50.68 | 50.68 |
| Turunan 11   | 50.71 | 50.71 | 50.71 | 50.71 | 50.71 |     | 50.70 | 50.70 | 50.70 | 50.70 | 50.70 | 50.70 |
| Turunan 12   | 50.71 | 50.71 | 50.71 | 50.71 | 50.71 |     | 50.71 | 50.71 | 50.71 | 50.71 | 50.71 | 50.71 |

Berdasarkan hasil fungsi tujuan dan alternatif aturan lepasan waduk yang sudah homogen (seragam) maka ditetapkan aturan lepasan pada waduk Logung berdasarkan Tampungn Waduk yang dianggap paling optimal dengan menggunakan metode Algoritma Genetik sebagai berikut:

**Tabel 5.** Aturan lepasan waduk berdasarkan tampungn hasil optimasi Algoritma Genetik

| Tampungn [%] | Kebutuhan [%] |
|--------------|---------------|
| 0.00         | 8.43          |
| 5.00         | 15.40         |
| 10.00        | 22.59         |
| 15.00        | 29.84         |
| 20.00        | 37.53         |
| 25.00        | 46.34         |
| 30.00        | 50.79         |
| 35.00        | 52.12         |
| 40.00        | 53.42         |

| Tampungn [%] | Kebutuhan [%] |
|--------------|---------------|
| 45.00        | 53.76         |
| 50.00        | 57.67         |
| 55.00        | 60.28         |
| 60.00        | 62.40         |
| 65.00        | 66.87         |
| 70.00        | 71.64         |
| 75.00        | 76.58         |
| 80.00        | 80.98         |
| 85.00        | 84.70         |
| 90.00        | 90.14         |
| 95.00        | 96.41         |
| 100.00       | 100.00        |

Berdasarkan tabel diketahui bahwa apabila tampungn waduk lebih dari 95% dari kapasitas tampungn aktif maka lepasn waduk sebesar 96,41% dari kebutuhan. Untuk prosentase tampungn waduk lebih dari 90% dari kapasitas tampungn aktif maka lepasn waduk sebesar 90,14% dari kebutuhan, dan berlaku seterusnya. Apabila

tampungan waduk tepat berada pada batas minimum, maka lepasn tampungan mengikuti lepasn sebelumnya.

## E. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini proses reproduksi berhenti pada generasi turunan yang ke-14 hingga mencapai kondisi seragam.
2. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh lepasn tampungan yaitu apabila tampungan waduk lebih dari 95% dari kapasitas tampungan aktif, maka lepasn waduk sebesar 96,41% dari kebutuhan, dan berlaku seterusnya.
3. Hasil optimasi dengan AG berdasarkan tampungan waduk selama 10 tahun diperoleh nilai minimum pemenuhan irigasi sebesar 46,34%. Nilai tersebut meningkat sebesar 1,50% apabila dibandingkan dengan nilai sebelum dilakukan optimasi sebesar 44,84%.
4. Rekomendasi yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya yaitu menambah jumlah populasi awal dan proses iterasi agar menghasilkan nilai kinerja yang lebih baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada para dosen pada Prodi Magister Teknik Sipil Undip atas bimbingannya, terima kasih pula untuk teman-teman konsentrasi Rekayasa Bendungan serta semua pihak yang membantu dan terlibat dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Aly, A. A. (2011). Optimization of Desiccant Absorption System

Using a Genetic Algorithm. *Journal of Software Engineering and Applications*, 4(September), 527–533.

<https://doi.org/10.4236/jsea.2011.49061>

Darsono, S., Marjono, A., Ch Afifah, R., & Suryani, L. (2014). Optimasi Waduk Jatigede Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Daerah Irigasi Rentang. In *Pertemuan Ilmiah HATHI ke-31* (p. 10). Padang.

Huda, M. Q., Soetopo, W., Suprijanto, H., Program, M., Teknik, S., Pengairan, J., ... Universitas, T. (2010). *Optimasi Rule Curve Operasi Waduk Pengga dengan Algoritma Genetik*. Universitas Brawijaya.

Iqbal, M., Soetopo, W., & Juwono, P. T. (2015). *Optimasi Lepasn Berdasarkan Tampungan Operasi Waduk Sutami untuk PLTA dengan Algoritma Genetik*. Universitas Brawijaya.

Irvani, H., Bisri, M., & Soetopo, W. (2013). Studi Optimasi Pola Operasi Waduk Sutami Akibat Perubahan Iklim. *Jurnal Teknik Pengairan*, 4(2). Retrieved from <http://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/187>

Jamil, F. F. S. (2019). Optimasi Kinerja Waduk Logung.

Kementerian PUPR, B. (2017). *Modul Operasi Waduk*.

Prijanto, B. I., Soetopo, W., & Marsudi, S. (2016). *Studi Optimasi Lepasn Waduk Berdasarkan Rule Curve Waduk Pejok di Bojonegoro dengan Metode Algoritma Genetik*. Universitas Brawijaya.

Samosir, C. S., Soetopo, W., & Yuliani, E. (2011). Optimasi Pola Operasi Waduk Untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Pembangkit Listrik Tenaga Air (Studi Kasus Waduk Wonogiri).

Soetopo, W. (2012). *Model-model Simulasi Stokastik untuk Sistem Sumberdaya Air*. Malang: Asrori.  
Sonaliya, S., & Suryanarayana, T. M. . (2014). Algorithm : A Case Study of Ukai Reservoir. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(6), 13681–13687.

Sudjarwadi, S. (1988). *Operasi Waduk*. Yogyakarta: KMTS UGM.



© 2020 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)