

SIMULASI POLA OPERASI TAMPUNGAN EMBUNG TIU PASAI SEBAGAI SUPLAI AIR BAKU DAN IRIGASI MENGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIK

Wahyu Sri Sardono¹, Widandi Soetopo², Very Dermawan²

¹Mahasiswa Program Magister Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang

[e-mail: wahyusri@student.ub.ac.id](mailto:wahyusri@student.ub.ac.id)

ABSTRAK: Simulasi pola operasi pada tampungan Embung Tiu Pasai merupakan suatu rancangan dalam pemecahan masalah model perencanaan dengan batasan tertentu untuk menghasilkan keputusan terbaik dalam alokasi pemberian air dari Embung. Kebutuhan air Irigasi eksisting untuk areal irigasi ± 5 ha dengan intensitas tanam 65% dan di harapkan dapat ditingkatkan menjadi 15 ha dengan intensitas tanam 100% sekaligus mengalirkan debit 20 lt/dt untuk air baku. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengevaluasi pemberian air yang paling optimal pada masing-masing periode untuk pemenuhan kebutuhan air baku dan irigasi dengan meningkatkan areal irigasi. Metode yang digunakan adalah simulasi dengan pedoman lepasan berdasarkan tampungan dengan algoritma genetik. Metode Algoritma Genetik dioperasikan menggunakan program spreadsheet Excel dari Microsoft Office versi 2016. Metode ini dapat meniru perilaku sistem dan dapat digunakan untuk membuat suatu keputusan dari serangkaian keputusan yang terkait. Hasil simulasi berdasarkan pedoman lepasan dengan Algoritma Genetik, terjadi limpahan (*spillout*) dengan total volume 42,930,250 m³, terjadi reduksi volume limpahan sebelum menggunakan pedoman lepasan hasil algoritma genetik dengan total volume limpahan (*spillout*) sebelumnya 44,537,417 m³, mampu meningkatkan intensitas tanam menjadi 100% dengan luas areal 15 ha dan mengalirkan 20 lt/dt untuk air baku. Sehingga Alokasi Pemberian Air dari Embung lebih optimal.

Kata kunci: Embung, Lepasn Berdasarkan Tampungan, Algoritma Genetik

ABSTRACT: Simulation of the operating pattern in the Tiu Pasai Retention Basin reservoir is a design in solving the planning model with certain limitations to produce the best decision in the allocation of water from Reservoir. Existing Irrigation water requirements for ± 5 ha irrigation area with 65% cropping intensity and are expected to be increased to 15 ha with 100% cropping intensity and supply 20 lt/s for Fresh water. This Research has a purpose of of evaluating the most optimum water supply of Fresh water and irrigation by increasing irrigation areas. The method used simulation Release rule based on Reservoir Storage with Genetic Algorithm. Genetic Algorithm method operated using an Excel spreadsheet program from the Microsoft Office 2016. This method is able to replicate the system and make a decision from a series of related decisions. The simulation results based on Reservoir Storage with Genetic Algorithm, total volume spillout 42,930,250 m³, there was an abundance volume reduction before using discharges result of genetic algorithm with total spillout of 44,537,417 m³ increase cropping intensity to 100% with an area of 15 ha and supply 20 lt/s for Fresh water. Which is makes water allocation allocation decisions more optimal

Keywords: Retention Basin, Release rule based on Reservoir Storage, Genetic Algorithm

Embung merupakan sarana infrastruktur sumber daya air yang berfungsi sebagai penyimpanan dan penyedia air. Air yang melimpah pada musim penghujan ditampung dan disimpan serta dimanfaatkan secara tepat guna, tepat waktu dan tepat sasaran sepanjang tahun.

Dalam memanfaatkan tampungan baik waduk maupun embung perlu dipertimbangkan bahwa kuantitas air sangat terbatas, sehingga pemakaian air harus sebaik mungkin. Untuk itu perlu dilakukan pengoperasian penggunaan air Embung yang optimal agar dapat memenuhi berbagai kebutuhan yang direncanakan.

DAS Nangabangka pada studi masuk dalam wilayah iklim Tropik yang cenderung lembab, walau demikian, daerah ini lebih kering bila dibanding dengan daerah lain di Indonesia kecuali Nusa Tenggara Timur. Temperatur maksimum berkisar antara 30°C–33°C dan temperatur minimum berkisar antara 20°C–25°C. Kelembaban relatif tinggi yaitu antara 40%-100% (Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, 2015).

Mengingat belum adanya pedoman operasi pada Embung Tiu Pasai, maka perlu adanya kajian untuk menentukan lepasan yang dianggap paling optimal. Kajian pada studi ini difokuskan pada optimasi lepasan berdasarkan tampungan guna meningkatkan kebutuhan irigasi dan mampu menyuplai air baku.

Algoritma genetik telah diakui sebagai teknik yang efektif untuk menyelesaikan masalah pengoptimalan. Algoritma Genetik dimulai dengan populasi yang dihasilkan secara acak, dan kemajuan menuju populasi

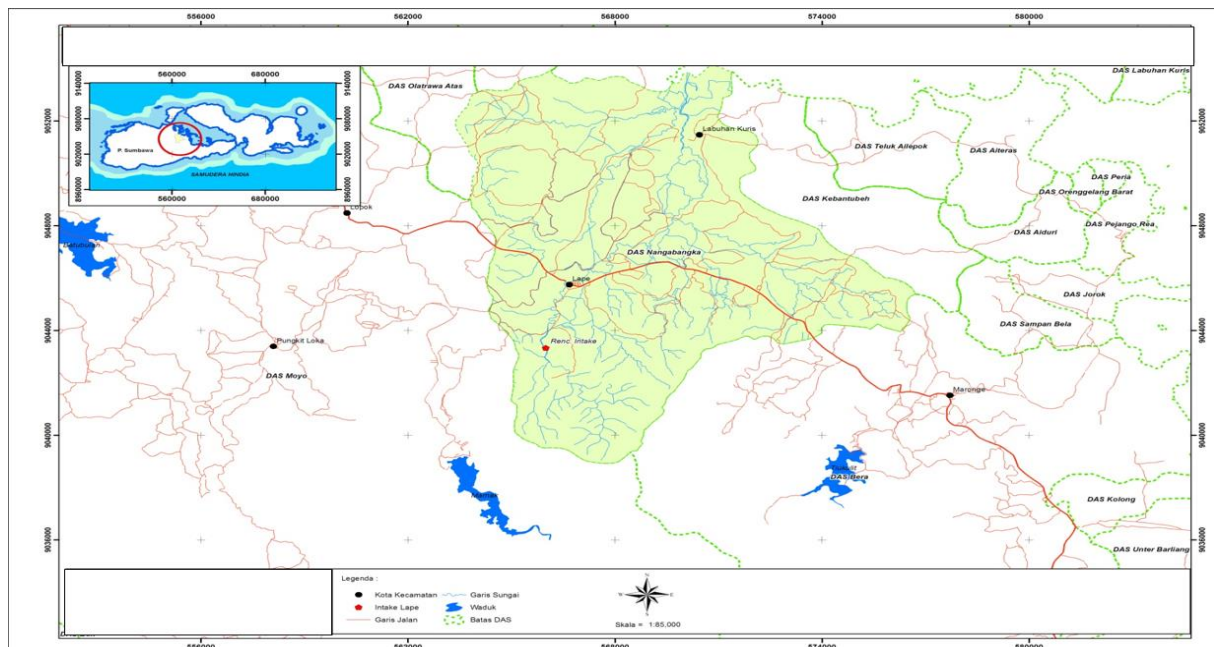
yang lebih baik dengan menerapkan operator genetik yang dimodelkan pada proses genetik yang terjadi di alam (A. Ayman., 2011).

Maka dari permasalahan di atas dapat digunakan sebagai penelitian dengan judul “Simulasi Pola Operasi Fungsi Tampungan Embung Tiu Pasai Sebagai Suplai Air Baku Di Kecamatan Lape Menggunakan Metode Algoritma Genetik” dan diharapkan dapat memberi gambaran tentang peningkatan keberhasilan dalam produksi untuk Kabupaten Sumbawa dan sekitarnya.

METODOLOGI

Lokasi Studi

Lokasi Embung Tiu Pasai terdapat pada DAS Nangabangka (No. 055) dengan luas 12 km². DAS Nangabangka berada pada koordinat 08° 34' 32.89" LS – 08° 41' 2.87" LS dan 117° 33' 48.34" BT – 117° 41' 27.04" BT.



Gambar 1. Peta Lokasi Studi

Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I (2015)

Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder, antara lain:

1. Hasil pengukuran Luas Genangan, Gambar Desain Embung Tiu Pasai
2. Data Teknis Embung
3. Data Hidrologi Dan Klimatologi
4. Data pendukung lain yang relevan.

Pengolahan Data

Secara garis besar proses pengembangan kromosom dengan *genetic algorithm* terdiri dari 3 komponen (Goldberg, 1989). Adapun Prosedur Dalam Simulasi waduk berdasarkan Lepasannya, sebagai berikut:

1. Reproduksi

Reproduksi adalah proses seleksi terhadap kromosom yang terdapat pada suatu populasi berdasarkan nilai kinerja dari masing-masing

kromosom dan dilanjutkan dengan proses copy ini merupakan generasi turunan yang berikutnya.

Inisialisasi algoritma membutuhkan set parameter sebagai generasi populasi awal, yang kemudian berevolusi sesuai dengan algoritma (Boisvert Jasmin, El-Jabi1 Nassir, St-Hilaire André, El Adlouni Salah-Eddine., 2016).

Pada proses Reproduksi maka dibangkitkan secara stokastik populasi pertama sebanyak 16 kromosom (Alternatif Aturan Lepas).

Satu kromosom dibangkitkan melalui dua tahap yaitu:

1. 5000 Iterasi awal
2. 1000 Iterasi lanjutan dengan kisaran acak 0,3000 – 0,0005

Pada proses Inisialisasi (Reproduksi), populasi awal dan iterasi diperbanyak sehingga menghasilkan solusi yang lebih baik lagi yang mempunyai nilai kinerja lebih baik.

Dalam Penelitian ini dijalankan sepuluh kali untuk memperoleh solusi optimal dari setiap model optimal Algoritma. Karena untuk setiap kisaran pencarian harus diterapkan batas iterasi maksimum. batas maksimum tersebut adalah $\text{Iter_Awal} = 50 \times \text{Iter_Lanj} = 10 \times \text{Iter_Lanj} = 10 = 5000$ iterasi.

Berikut adalah subprogram dalam perhitungan simulasi generasi awal:

Program Ms. Excel-VBA (Visual Basic for Application)
Sub A1_Simulasi_Acak_Generasi_Awal()
Calculate
With Worksheets("Penel_OP_Wdk_1")
Iter_Awal = 50
Iter_Lanj = 10
Iter_Kisr = 10
.Range("BU3:DR60").ClearContents
.Range("BBS3:BDP22").ClearContents
For G = 1 To 16
.Range("AX8:AZ8").ClearContents
.Range("AX12:AZ21").ClearContents
.Range("BB5").Value = 0
.Range("BD1").Value = 1
N_improv = 0
For i = 1 To Iter_Awal
.Range("AX8").Value = i
.Calculate
If .Range("BF5").Value = 0 Then
.Range("BB5").Value = .Range("BD5").Value
.Range("BB12:BB32").Value = .Range("BD12:BD32").Value
N_improv = N_improv + 1
.Range("AY8").Value = N_improv
.Range("AZ8").Value = .Range("BD5").Value
End If

Next I
.Range("BD1").Value = 2
For k = 1 To Iter_Kisr
.Range("AS1").Value = k
N_improv = 0
For i = 1 To Iter_Lanj
.Range("AX11").Offset(k, 0).Value = i
.Calculate
If .Range("BF5").Value = 0 Then
.Range("BB5").Value = .Range("BD5").Value
.Range("BB12:BB32").Value = .Range("BD12:BD32").Value
N_improv = N_improv + 1
.Range("AY11").Offset(k, 0).Value = N_improv
.Range("AZ11").Offset(k, 0).Value = .Range("BD5").Value
End If
Next i
Next k
.Range("BQ13").Calculate
N_posisi = .Range("BQ13").Value + 1
V = .Range("BB5").Value
.Range("BT5").Offset(0, N_posisi).Value = V
For i = 1 To 21
V = .Range("BB11").Offset(i, 0).Value
.Range("BT11").Offset(i, N_posisi).Value = V
Next i
Next G
.Range("BU37:DR37").Value = .Range("BU5:DR35").Value
.Range("BU40:DR60").Value = .Range("BU12:DR32").Value
.Range("BD1").Value = 3
End With
Calculate
End Sub

2. Crossover

Crossover adalah persilangan diantara kromosom-kromosom yang ada pada generasi turunan. Pada persilangan ini, setiap variabel kromosom baru merupakan gabungan antara dua variabel dari kedua kromosom generasi turunan. Untuk variabel ke- i , maka rumus stokastik penggabungan sebagai berikut:

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

Dengan V_i adalah variabel dari kromosom baru gabungan, V_{1i} dan V_{2i} adalah variabel masing-masing dari kedua kromosom generasi turunan, dan $U [0,1]$ adalah bilangan acak uniform antara 0 dan 1. Berikut adalah subprogram dalam Perintah yang dijalankan dari sub program C_Crossover() untuk persilangan antara 16 kromosom menghasilkan data populasi:

```

Program Ms. Excel-VBA (Visual Basic for Application)
Sub B1_Crossover()

Calculate

With Worksheets("Penel_OP_Wdk_1")

.Range("BD1").Value = 3
I_populasi = .Range("DW2").Value
I_cross = .Range("DW6").Value

.Range("EH3:AZJ5").ClearContents
.Range("EH9:AZJ9").ClearContents
.Range("EH12:AZJ32").ClearContents

For I_p = 1 To I_populasi
.Range("DW1").Value = I_p
Ada_Perbaikan = 0

.Calculate

Nilai_1 = .Range("DZ5").Value
Nilai_2 = .Range("EA5").Value
If Nilai_1 <= Nilai_2 Then
.Range("ED3:ED5").Value = .Range("DZ3:DZ5").Value
.Range("ED12:ED32").Value = .Range("DZ12:DZ32").Value
Else
.Range("ED3:ED5").Value = .Range("EA3:EA5").Value
.Range("ED12:ED32").Value = .Range("EA12:EA32").Value
End If

For I_c = 1 To I_cross
.Calculate
If .Range("EA8").Value = 0 Then
.Range("ED3:ED5").Value = .Range("EC3:EC5").Value
.Range("ED12:ED32").Value = .Range("EC12:EC32").Value
Ada_Perbaikan = 1
End If
Next I_c

.Range("EG3").Offset(0, I_p).Value = .Range("ED3").Value
.Range("EG4").Offset(0, I_p).Value = .Range("ED4").Value
.Range("EG5").Offset(0, I_p).Value = .Range("ED5").Value
.Range("EG9").Offset(0, I_p).Value = Ada_Perbaikan
For prd = 1 To 21
.Range("EG11").Offset(prd, I_p).Value =
.Range("ED11").Offset(prd, 0).Value

Next prd

Next I_p

End With

Calculate

End Sub

```

Perintah yang dijalankan dari sub program C_Crossover() untuk persilangan antara 16 kromosom menghasilkan data populasi.

3. Mutasi

Mutasi adalah perubahan yang terjadi diantara variabel-variabel dari kromosom. Optimasi *Genetic Algorithm* terutama dilakukan oleh reproduksi dan crossover

secara bergantian menghasilkan generasi turunan dari kromosom yang semakin baik dan juga semakin homogeny (Soetopo, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses simulasi Algoritma Genetik ini berlangsung secara iteratif dengan menghitung secara langsung kinerja kromosom (alternatif aturan lepasan) pada Embung Tiu Pasai selama 10 tahun (2005-2014) dengan meninjau pemenuhan kebutuhan minimum untuk air baku dan irigasi sebagai fungsi tujuan.

Model optimasi Algoritma Genetika adalah proses optimasi yang secara iteratif mengembangkan dari suatu populasi (kromosom-kromosom) daripada kromosom (alternatif lepasan waduk) sehingga tercapailah suatu kumpulan variabel lepasan waduk yang homogen (seragam) daripada variabel lepasan waduk yang terbaik.

Contoh aturan lepasan berdasarkan tampungan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Contoh Aturan Lepasn Berdasarkan Tampungan Pada Simulasi Algoritma Genetik mencakup populasi, kromosom, dan Gen

Tampungan Waduk [%]	Lepasn Waduk [%]							
	1	2	3	4	5	-	16	
0.00	4.81	2.38	5.49	5.86	3.69	-	5.89	Populasi (Sekumpulan Alternatif Aturan Lepasn outflow Berdasarkan Tampungan)
5.00	5.05	6.31	5.68	6.04	4.90	-	6.10	
10.00	5.88	15.58	6.48	6.59	7.46	-	7.38	
15.00	9.92	16.36	7.29	6.94	11.89	-	7.54	Kromosom (Alternatif Solusi /Alternatif Aturan Lepasn outflow/Variabel Keputusan)
20.00	15.94	22.72	13.31	13.30	18.38	-	12.87	
25.00	19.17	26.61	19.16	20.38	26.82	-	17.33	
30.00	25.97	33.11	26.73	23.02	31.62	-	22.31	Gen/Variabel (Satu Aturan Lepasn, Berdasarkan Kondisi Tampungan Tertentu, dengan Interval 5%)
35.00	30.35	38.22	30.47	31.61	32.83	-	26.27	
40.00	33.96	39.73	36.70	39.43	37.34	-	29.04	
45.00	40.39	47.95	41.72	45.65	41.27	-	35.66	
50.00	46.72	52.02	50.67	51.94	47.07	-	38.70	
55.00	55.37	54.73	52.66	55.53	51.60	-	43.77	
60.00	59.03	54.83	61.24	62.56	56.78	-	53.59	
65.00	66.80	62.88	69.19	70.64	58.31	-	61.31	
70.00	71.05	68.62	73.43	73.52	63.86	-	68.38	
75.00	74.13	73.87	78.13	81.28	72.57	-	75.04	
80.00	81.22	80.83	83.61	81.58	79.42	-	81.28	
85.00	88.49	83.24	88.89	89.06	84.17	-	87.32	
90.00	94.61	83.25	91.43	92.70	86.78	-	96.50	
95.00	96.59	90.66	93.33	95.97	95.11	-	97.75	
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-	100.00	

Sumber: Perhitungan

Reproduksi

Dalam penentuan nilai kinerja (ranking), semakin besar nilai fungsi tujuan maka semakin baik kinerja dari kromosom tersebut. Kemudian dilanjutkan dengan proses copy, proses copy atau proses pemilihan generasi

terbaik ini akan menjadi generasi turunan.berikutnya. Proses seleksi disini memilih 16 variabel lepasan waduk terbaik (diranking) dari kumpulan variabel aturan lepasan waduk yang berjumlah 120.

Tabel 1. Hasil Bangkitan Populasi Awal dari Proses Inisialisasi

No.	1	2	3	4	5	6	7	-	120
Kinerja	8.77	8.79	8.8	8.78	8.79	8.81	8.78	-	8.72
Tampungan Waduk	Lepasan Waduk [%]								
[%]	1	2	3	4	5	6	7	-	120
0.00	8.77	8.79	8.80	8.78	8.79	8.81	8.78	-	8.72
5.00	9.09	4.83	9.11	9.10	9.12	9.12	9.09	-	9.11
10.00	9.57	7.27	9.56	9.58	9.57	9.60	9.57	-	9.56
15.00	9.94	5.34	9.89	9.92	9.93	9.95	9.90	-	9.91
20.00	10.31	5.81	10.23	10.29	10.29	10.30	10.25	-	10.30
25.00	11.45	18.37	11.43	11.49	11.48	11.48	11.56	-	11.45
30.00	13.26	29.25	13.34	13.28	13.30	13.32	13.61	-	13.05
35.00	16.62	54.40	16.76	16.70	16.69	16.51	16.99	-	16.31
40.00	22.56	81.70	21.91	22.49	22.06	21.38	21.70	-	21.38
45.00	29.61	109.09	29.16	29.30	29.60	28.86	29.27	-	28.27
50.00	36.50	120.75	36.62	36.73	37.11	36.54	36.55	-	35.78
55.00	40.90	65.36	40.98	41.06	41.54	41.34	40.81	-	39.96
60.00	50.13	143.30	50.33	49.80	50.47	50.23	50.34	-	49.51
65.00	59.59	147.51	59.81	59.26	59.95	59.77	59.82	-	58.75
70.00	65.52	89.98	65.65	64.94	65.90	65.58	65.58	-	64.65
75.00	73.85	124.88	73.61	73.85	73.38	73.57	73.51	-	72.58
80.00	76.48	42.32	76.83	76.49	76.13	76.27	76.36	-	74.52
85.00	84.01	117.62	84.30	84.17	83.73	83.85	83.74	-	82.07
90.00	90.01	96.96	90.42	90.50	89.98	90.06	90.07	-	89.20
95.00	93.83	54.09	93.82	93.83	93.50	93.63	93.78	-	93.06
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-	100.00

Sumber: hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel 2, dari 120 kromosom tersebut pada satu generasi populasi, tiap-tiap kromosom memiliki nilai kinerja terhadap fungsi tujuan. Berdasarkan fungsi kinerja tersebut akan di seleksi menjadi 16 kromosom terpilih yang memiliki kinerja terbaik pada suatu populasi.

Dalam proses reproduksi dari 16 kromosom diatas akan dijadikan generasi turunan selanjutnya dengan melalui proses crossover, berhenti ketika antar kromosom homogen.

Proses Crossover Algoritma Genetik

Selanjutnya adalah proses crossover atau persilangan antar alternatif lepasan. Dari hasil saling menyilangkan alternatif lepasan tersebut terbentuk sebuah populasi dengan jumlah 120 alternatif lepasan hasil kombinasi generasi awal yang berjumlah 16 alternatif lepasan. Persilangan antara dua kromosom generasi turunan akan menghasilkan satu kromosom baru. Berikut hasil dari proses Crossover dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 3. Tabel Proses Crossover

Kromosom	Kromosom	Bil.	Kromosom
1	2	Acak	Gabung
0.580803	0.580986	0.3643	0.580920
0.037511	0.018870	0.2488	0.023509
0.009087	0.076381	0.4175	0.048285
0.147012	0.064422	0.6368	0.117012
0.506103	0.608814	0.8120	0.525411
0.513910	0.280960	0.6230	0.426097
0.248272	0.830812	0.6140	0.473124
0.613346	0.674779	0.8934	0.619892
0.715033	0.654773	0.5382	0.687206
0.687006	0.641635	0.4889	0.663816
0.283581	0.643858	0.8674	0.331347
0.405741	0.453098	0.4275	0.432853
0.618523	0.724303	0.2634	0.696442
0.715893	0.908838	0.0653	0.896234
0.698077	0.400397	0.7549	0.625111
0.410014	0.804794	0.2699	0.698225
0.205490	0.112102	0.9401	0.199893
0.506731	0.419596	0.1678	0.434213
0.928297	0.313039	0.1834	0.425862
0.814431	0.287697	0.0242	0.300444
0.533806	0.697569	0.4634	0.621681

Sumber: hasil perhitungan

$$V_i = V_{1i} \times U [0.1] + V_{2i} \times (1-U [0.1])$$

$$V_i = 0.58 \times 0.36 + 0.58 \times (1-0.36)$$

$$V_i = 0.58$$

Dengan V_i adalah variabel dari kromosom baru gabungan atau variasi dari alternatif lepasan *outflow*, V_{1i} dan V_{2i} adalah variabel masing-masing dari kedua alternatif lepasan *outflow* (kromosom) generasi turunan sebelumnya, dan $U [0,1]$ adalah bilangan acak *uniform* antara 0 dan 1.

Jadi semua variabel V_i dari sebuah kromosom baru dibentuk dengan persamaan diatas, maka pembentukan alternatif lepasan baru dilakukan oleh setiap pasangan yang berbeda dari alternatif lepasan generasi turunan (16 alternatif lepasan/kromosom) sehingga terbentuklah 120 alternatif lepasan untuk generasi berikutnya.

Proses Perbaikan

Proses reproduksi pada proses perbaikan ini melaksanakan peningkatan kualitas dengan melakukan seleksi terhadap populasi alternatif lepasan. Populasi yang terdiri dari 120 alternatif lepasan diseleksi berdasarkan ranking dari nilai kinerja dari setiap alternatif lepasan.

Pada proses perbaikan pada tiap alternatif lepasan perbaikan minimal 1 kali. Dari 120 alternatif lepasan dipilih 16 kromosom terbaik untuk menghasilkan turunan berikutnya.

Alternatif lepasan (kromosom) perbaikan yang terpilih menjadi generasi turunan variabel aturan lepasan dapat dilihat pada Tabel Berikut:

Tabel 4. Populasi Hasil Perbaikan (seleksi) pada reproduksi ke 13

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Posisi	10	11	12	13	14	15	24	25	26	27	28	29	37	38	39	40
Kinerja	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88
Tampungan Waduk [%]	Lepasan Waduk [%]															
0.00	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88
5.00	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19
10.00	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.63	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62
15.00	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.97	9.98	9.98	9.97
20.00	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.32	10.33	10.33
25.00	11.53	11.52	11.53	11.52	11.53	11.53	11.53	11.52	11.52	11.53	11.52	11.52	11.52	11.52	11.52	11.52
30.00	13.28	13.29	13.28	13.27	13.28	13.27	13.29	13.29	13.29	13.29	13.29	13.28	13.29	13.29	13.29	13.30
35.00	16.50	16.52	16.50	16.50	16.50	16.50	16.51	16.52	16.52	16.51	16.51	16.51	16.51	16.53	16.52	16.52
40.00	21.36	21.37	21.35	21.35	21.35	21.34	21.37	21.38	21.37	21.37	21.36	21.36	21.38	21.38	21.37	21.38
45.00	28.75	28.77	28.71	28.73	28.75	28.76	28.80	28.80	28.74	28.76	28.76	28.79	28.76	28.78	28.74	28.75
50.00	36.46	36.42	36.42	36.45	36.45	36.45	36.52	36.48	36.46	36.48	36.47	36.50	36.47	36.44	36.46	36.47
55.00	41.12	41.05	41.07	41.11	41.11	41.10	41.19	41.11	41.13	41.15	41.15	41.16	41.09	41.04	41.05	41.03
60.00	50.33	50.32	50.34	50.36	50.30	50.36	50.29	50.30	50.30	50.32	50.30	50.31	50.29	50.28	50.28	50.27
65.00	59.92	59.90	59.92	59.94	59.89	59.94	59.87	59.89	59.88	59.90	59.88	59.89	59.87	59.86	59.86	59.85
70.00	65.88	65.87	65.89	65.90	65.88	65.89	65.81	65.83	65.84	65.84	65.85	65.82	65.84	65.84	65.84	65.81
75.00	73.69	73.70	73.70	73.72	73.72	73.72	73.62	73.66	73.64	73.64	73.68	73.65	73.68	73.71	73.64	73.68
80.00	76.16	76.15	76.18	76.18	76.18	76.16	76.10	76.12	76.11	76.11	76.15	76.11	76.16	76.17	76.14	76.17
85.00	83.59	83.58	83.60	83.60	83.62	83.58	83.56	83.56	83.57	83.54	83.59	83.59	83.58	83.61	83.57	83.59
90.00	89.80	89.79	89.81	89.81	89.82	89.79	89.77	89.77	89.78	89.75	89.80	89.80	89.79	89.82	89.77	89.79
95.00	93.55	93.58	93.58	93.55	93.56	93.56	93.55	93.55	93.58	93.55	93.55	93.57	93.56	93.57	93.59	93.56
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari 120 alternatif lepasan (kromosom) hasil pada populasi sebelumnya didapatkan 16 alternatif lepasan dengan kinerja terbaik yang kemudian dilakukan *copy* untuk menghasilkan generasi turunan berikutnya sekaligus agar bisa melihat hasil dari masing-masing dari nilai kinerja alternatif lepasan pada setiap generasi.

Jika alternatif lepasan pada suatu populasi sudah homogen maka dianggap alternatif aturan lepasan tersebut sudah optimal. Untuk

memeriksa apakah kumpulan alternatif lepasan (populasi dari kromosom) tersebut seragam (homogen) atau tidaknya dengan menghitung nilai dari alternatif aturan lepasan terbesar dikurangi dengan nilai alternatif aturan lepasan terkecil. Dengan syarat pengurangan antar jenis parameter yang sama.

Contoh perhitungan:

Pada kondisi tampungan embung 30%, nilai terbesar adalah 13.30% pada alternatif lepasan (kromosom) keenam belas dan terkecil adalah 13.27% salah pada kromosom ke empat. Maka selisih nilai keduanya: $13.30 - 13.27 = 0.02$ (Homogen)

Besarnya selisih antar kedua jenis variabel menandakan bahwa populasi alternatif lepasan pada generasi turunan berikutnya sudah seragam atau homogen, Untuk hasil perhitungan keseragaman alternatif aturan lepasan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Cek Kondisi Homogen (seragam) Pada Proses Perbaikan Generasi ke 13

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Cek
Posisi	10	11	12	13	14	15	24	25	26	27	28	29	37	38	39	40	
Kinerja	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	
Tampungan Waduk [%]	Lepasan Waduk [%]																Kondisi Homogen
0.00	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	
5.00	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	0.00
10.00	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.63	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	0.00
15.00	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	9.97	9.98	9.98	9.97	0.01
20.00	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.32	10.33	10.33	0.01
25.00	11.53	11.52	11.53	11.52	11.53	11.53	11.53	11.52	11.52	11.53	11.52	11.52	11.52	11.52	11.52	11.52	0.01
30.00	13.28	13.29	13.28	13.27	13.28	13.27	13.29	13.29	13.29	13.29	13.29	13.28	13.29	13.29	13.29	13.30	0.02
35.00	16.50	16.52	16.50	16.50	16.50	16.50	16.51	16.52	16.52	16.51	16.51	16.51	16.51	16.53	16.52	16.52	0.03
40.00	21.36	21.37	21.35	21.35	21.35	21.34	21.37	21.38	21.37	21.37	21.36	21.36	21.38	21.38	21.37	21.38	0.04
45.00	28.75	28.77	28.71	28.73	28.75	28.76	28.80	28.80	28.74	28.76	28.76	28.79	28.76	28.78	28.74	28.75	0.09
50.00	36.46	36.42	36.42	36.45	36.45	36.45	36.52	36.48	36.46	36.48	36.47	36.50	36.47	36.44	36.46	36.47	0.10
55.00	41.12	41.05	41.07	41.11	41.11	41.10	41.19	41.11	41.13	41.15	41.15	41.16	41.09	41.04	41.05	41.03	0.16
60.00	50.33	50.32	50.34	50.36	50.30	50.36	50.29	50.30	50.30	50.32	50.30	50.31	50.29	50.28	50.28	50.27	0.09
65.00	59.92	59.90	59.92	59.94	59.89	59.94	59.87	59.89	59.88	59.90	59.88	59.89	59.87	59.86	59.86	59.85	0.10
70.00	65.88	65.87	65.89	65.90	65.88	65.89	65.81	65.83	65.84	65.84	65.85	65.82	65.84	65.84	65.84	65.81	0.09
75.00	73.69	73.70	73.70	73.72	73.72	73.72	73.62	73.66	73.64	73.64	73.68	73.65	73.68	73.71	73.64	73.68	0.10
80.00	76.16	76.15	76.18	76.18	76.18	76.16	76.10	76.12	76.11	76.11	76.15	76.11	76.16	76.17	76.14	76.17	0.08
85.00	83.59	83.58	83.60	83.60	83.62	83.58	83.56	83.56	83.57	83.54	83.59	83.59	83.58	83.61	83.57	83.59	0.07
90.00	89.80	89.79	89.81	89.81	89.82	89.79	89.77	89.77	89.78	89.75	89.80	89.80	89.79	89.82	89.77	89.79	0.07
95.00	93.55	93.58	93.58	93.55	93.56	93.56	93.55	93.55	93.58	93.55	93.55	93.57	93.56	93.57	93.59	93.56	0.04
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 3. Rekap Hasil Iterasi Simulasi Metode Algoritma Genetik

REKAP HASIL	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Generasi Awal		7.27	5.89	5.86	5.49	4.81	4.48	3.79	3.78	3.78	3.72	3.69	3.38	3.37	3.18	2.72	2.28
Generasi Turunan 1	1	7.25	6.54	6.52	6.40	6.22	6.18	6.16	6.07	6.04	5.99	5.98	5.85	5.84	5.81	5.71	5.70
Generasi Turunan 2	2	7.76	7.66	7.62	7.59	7.59	7.45	7.45	7.41	7.32	7.32	7.31	7.28	7.26	7.20	7.17	7.12
Generasi Turunan 3	3	8.11	8.07	8.06	8.03	8.00	8.00	7.97	7.97	7.96	7.94	7.94	7.93	7.93	7.93	7.92	7.91
Generasi Turunan 4	4	8.46	8.43	8.42	8.42	8.41	8.41	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.39	8.38	8.38	8.37	8.37
Generasi Turunan 5	5	8.64	8.63	8.63	8.62	8.62	8.62	8.61	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.59	8.59	8.60
Generasi Turunan 6	6	8.75	8.74	8.74	8.74	8.73	8.73	8.74	8.73	8.73	8.73	8.73	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72
Generasi Turunan 7	7	8.81	8.81	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.79	8.79	8.79	8.79	8.79	8.79	8.78	8.78
Generasi Turunan 8	8	8.84	8.84	8.84	8.83	8.83	8.83	8.83	8.82	8.82	8.82	8.82	8.82	8.82	8.82	8.82	8.82
Generasi Turunan 9	9	8.86	8.86	8.86	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85
Generasi Turunan 10	10	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	8.86	8.86	8.86	8.86	8.86	8.86
Generasi Turunan 11	11	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87
Generasi Turunan 12	12	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88	8.88

Sumber : Hasil Perhitungan

Homogen

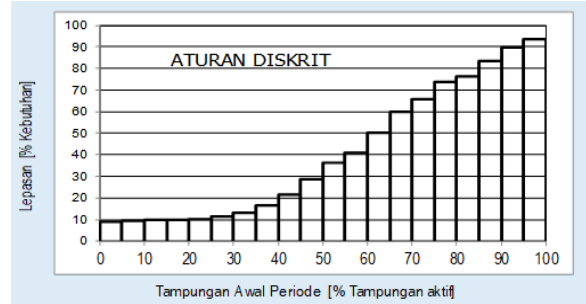
Iterasi perhitungan simulasi dengan metode Algoritma Genetik ini akan berhenti begitu dicapainya kondisi populasi kromosom yang seragam (homogen). Dalam kondisi ini maka setiap alternatif lepasan identik satu sama lain. Hal ini tercapai karena semakin berlanjutnya iterasi, maka semakin jarang pula terjadi perbaikan dalam proses *crossover* antar alternatif lepasan.

Apabila tidak terjadi perbaikan dalam proses *Crossover* antara sepasang alternatif lepasan (kromosom), maka yang terpilih menjadi anggota populasi berikutnya adalah alternatif lepasan yang lebih baik (di antara pasangan tersebut). Karena dalam seleksi kromosom generasi turunan berdasarkan ranking nilai kinerja, maka semakin lama berlanjutnya iterasi, generasi turunan (dan juga populasi) akan semakin didominasi oleh satu jenis alternatif lepasan terbaik saja. Pada akhirnya hanya ada satu jenis alternatif lepasan saja yang seragam, dan sudah tidak dimungkinkan lagi untuk melakukan perbaikan nilai kinerja.

Berdasarkan hasil fungsi tujuan dan alternatif aturan lepasan yang sudah homogen seragam) maka ditetapkan aturan lepasan pada Embung Tiu Pasai berdasarkan Tampungan yang dianggap paling optimal dengan menggunakan metode Algoritma Genetik adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Pedoman Lepasn Hasil Simulasi Metode Algoritma Genetik

Pct. Tamp.	Pct. Kebutuhan
[%]	[%]
0.00	8.88
5.00	9.19
10.00	9.62
15.00	9.98
20.00	10.33
25.00	11.52
30.00	13.30
35.00	16.52
40.00	21.38
45.00	28.75
50.00	36.47
55.00	41.04
60.00	50.27
65.00	59.86
70.00	65.83
75.00	73.68
80.00	76.18
85.00	83.60
90.00	89.81
95.00	93.58
100.00	100.00



Gambar 2. Grafik Aturan Lepasn Berdasarkan Tampungan

Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 2, maka apabila tampungan Embung >95% dari kapasitas tampungan aktif berarti lepasan sebesar 93.58% dari kebutuhan. Selanjutnya apabila tampungan Embung >90% dari kapasitas tampungan aktif berarti lepasan sebesar 89.81%, dan seterusnya. Apabila Tampungan Embung tepat berada pada batas minimum tampungan Embung, maka lepasan mengikuti lepasan yang sebelumnya. Misalnya tampungan Embung berada pada angka 0%, maka lepasan sebesar 0% (bukan 8.88%).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan dapat dikemukakan hal-hal sebagai berikut:

1. Algoritma Genetik merupakan model simulasi dengan melakukan proses inisialisasi, yaitu pemilihan 16 kromosom (alternatif lepasan). Kemudian secara iteratif dikembangkan lagi melalui proses atau persilangan antar generasi (*crossover*), terbentuklah 120 kromosom dan memilih 16 kromosom terbaik melalui proses reproduksi. Proses iteratif tersebut akan menghasilkan aturan lepasan yang optimal
2. Dari hasil simulasi, yang terdapat pada Tabel 7 dan Gambar 2 apabila tampungan Embung > 95% dari kapasitas tampungan aktif, artinya lepasan sebesar 93.58% dari kebutuhannya dan seterusnya. Apabila Tampungan Embung tepat berada pada batas minimum tampungan Embung, maka lepasan mengikuti lepasan yang sebelumnya.
3. Adanya peningkatan kinerja embung terhadap pemenuhan kebutuhan minimum dari total kebutuhan yang direncanakan dari areal luas irigasi 5 ha menjadi 15 ha dengan intensitas tanam 100% dan alokasi air baku 20 lt/dt.

SARAN

1. Pada proses Inisialisasi, sebaiknya populasi awal dan iterasi diperbanyak sehingga akan menghasilkan solusi yang lebih baik lagi yang mempunyai nilai kinerja lebih baik pula.
2. Sebaiknya dilakukan perbandingan operasi waduk antara menggunakan algoritma genetik dengan operasi waduk secara sederhana namun tetap menggunakan aturan operasi yang jelas.
3. Sangat direkomendasikan menggunakan komputer/ laptop dengan spesifikasi yang tinggi dengan menggunakan *processor core i7* untuk mempercepat *crossover* apabila ingin menambah iterasi yang lebih banyak untuk mendapat nilai solusi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Ayman., 2011, *Optimization of Desiccant Absorption System Using a Genetic Algorithm*, *Journal of Software Engineering and Applications*, 4, 527-533
- Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I. 2015, *Desain Jaringan Air Baku Tiu Pasai (Ai Mencilik) Di Kecamatan Lape Kabupaten Sumbawa*. Mataram: kementerian Pekerjaan Umum
- Boisvert Jasmin, El-Jabi1 Nassir, St-Hilaire André, El Adlouni Salah-Eddine., 2016, *Parameter Estimation of a Distributed Hydrological Model Using a Genetic Algorithm*, *Open Journal of Modern Hydrology*, 6, 151-167
- Goldberg, D.E., 1989. *Genetic Algorithm in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts.
- Karas, I. R. and Umit, A. 2011. *A Genetic Algorithm Approach for Findng The Shortest Driving Time On Mobile Devices*. *Scientific Research and Essays*, Vol 6(2), p. 394-405.
- Kumar, D.N., Raju, K.S., & Ashok, B., 2006, *Optimal Reservoir Operation for Irrigation of Multiple Crops Using Genetic Algorithms*, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 132(2), 123-129.
- Nait, 2005. *Optimasi Pola Operasi Waduk Tilog dengan Program Dinamik Deterministik*. Jurnal yang tidak dipublikasikan.
- Soetopo, W., 2007, *Penerapan Model Sinus-Perkalian Pada Rumusan Fungsi Kinerja Irigasi Untuk Optimasi Dengan Program Dinamik*, *Jurnal Teknik – Fakultas Teknik Universitas Brawijaya* 14(2), 97-103
- W. C. Wang, C. T. Cheng and D. M. Xu., 2006. *The Optimal Operation Model Based on Chaos Genetic Algorithm for Hydropower Station and Its Application*, *Journal of Hydroelectric Engineering*, Vol. 26, No. 6, 2006, pp. 7-11