

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Deskripsi Daerah Studi

Lokasi waduk Sutami terletak di sungai Brantas sebagai sungai utama. Luas DAS Brantas adalah 11.800 km². Waduk Sutami memiliki daerah genangan di Desa Karangates, Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten Malang Jawa Timur.

DAS Brantas yang secara geografi masuk dalam Wilayah Daerah Aliran Sungai Brantas yang terletak pada titik koordinat 110°30' – 112°55' Bujur Timur dan 7°01' – 8°15' Lintang Selatan. Secara administratif berbatasan dengan:

Sebelah Utara	: Kabupaten Mojokerto
Sebelah Timur	: Kabupaten Sidoarjo
Sebelah Selatan	: Kabupaten Malang
Sebelah Barat	: Kabupaten Nganjuk



Gambar 3.1. Lokasi Studi

(Sumber: Perum Jasa Tirta I)

Daerah irigasi yang dilayani oleh Waduk Sutami adalah daerah Irigasi Lodagung dan hilir Sutami. Luas daerah irigasi Lodagung sebesar 12.219 ha. Topografi DAS Brantas

bagian hulu berupa perbukitan. Daerah tangkapan air Waduk Sutami sebesar $343.000.000 \text{ m}^3$ (data tahun 1972) dan $175.000.000 \text{ m}^3$ (data tahun 2004).

Waduk Sutami ini berasal dari mata air di Gunung Arjuno dan ditambah air curah hujan.

Waduk Sutami mempunyai fungsi sebagai berikut:

- Pengendali banjir dengan kala ulang 50 tahun setara $1.650 \text{ m}^3/\text{detik}$,
- Pembangkit listrik dengan daya $3 \times 35 \text{ MW}$ (Megawatt) dengan produksi listrik 488 juta kWh/tahun,
- Penyediaan air irigasi $24 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada musim kemarau (seluas 34.000 ha) melalui pengaliran ke hilir,
- Pariwisata dan perikanan darat.

Pariwisata di Waduk Sutami saat ini dikelola oleh PT. PJB (PT Pembangunan Jawa-Bali) setelah sebelumnya dikelola oleh Perum Jasa Tirta I.

Selain manfaat sebagai sarana pariwisata dan perikanan, Bendungan Sutami yang juga biasa disebut "dam" oleh masyarakat setempat ini juga memiliki manfaat lain, yaitu digunakan sebagai akses oleh para pengendara motor untuk melintas pada siang hari dengan membayar karcis. Mereka yang sering melintas mayoritas adalah warga yang tinggal di wilayah selatan waduk, seperti warga Kalipare dan Donomulyo.

3.2. Data-Data Yang Diperlukan

Data-data yang diperlukan dalam studi ini meliputi data-data sekunder terkait dengan studi analisa pola operasi waduk yang berasal dari Waduk Sutami PT Jasa Tirta I. Berdasarkan batasan dan rumusan masalah pada Bab I, maka data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Data teknis Waduk Sutami.
2. Data debit, yang digunakan adalah data debit 10 harian.
3. Data produksi listrik PLTA Waduk Sutami.
4. Data pola operasi Waduk Sutami.

3.2.1. Data Teknis Waduk Sutami

1. Lokasi

Desa	: Desa Karangates
Kecamatan	: Sumber Pucung

Kabupaten : Malang
 Propinsi : Jawa Timur

2. Hidrologi

Sungai : Brantas
 Luas Daerah Aliran Sungai : 11.800 km²
 Curah Hujan Tahunan : 2011 mm

3. Waduk

Daerah Aliran Sungai : 2.050 km²
 Daerah terendam : 15,00 km²
 Kapasitas maksimum : 343.000.000 m³ (data tahun 1972)
 175.000.000 m³ (data tahun 2004)
 Kapasitas efektif : 253.000.000 m³ (data tahun 1972)
 146.000.000 m³ (data tahun 2004)
 Muka Air Tinggi : El. 272,50 m
 Muka Air Rendah : El. 246,00 m (untuk turbin)
 El. 242,00 m (untuk irigasi)
 Muka Air Banjir : El. 277,00 m
 Debit masuk rata – rata : 55,20 m³/det
 Debit banjir rencana : 1.600,00 m³/det
 Erosi lahan DAS rencana : 0,18 mm/tahun

4. Terowong Pengelak / *Diversion Tunnel*

Panjang : 604,00 m
 Diameter Inlet : 5,50 m
 Diameter Outlet : 8,00 m

5. Anak Bendungan / *Coffer Dam*

Tipe : Timbunan batu / *Rock fill*
 Volume : 488.600.000 m³
 Tinggi : 50,00 m
 Lebar puncak : 12,00 m
 Lebar dasar : 147,00 m
 Elevasi puncak : El. 230,00 m
 Elevasi dasar : El. 180,00 m

6. Bendungan Utama / Main Dam

Tipe	: Timbunan batu dengan inti tanah
Volume	: 6.156.000 m ³
Tinggi	: 100,00 m
Panjang puncak	: 823,50 m
Lebar puncak	: 13,70 m
Lebar dasar	: 400,00 m
Elevasi puncak	: El. 279,00 m
Elevasi dasar	: El. 179,00 m

7. Pelimpah / Spillway

Tipe	: Pelimpah bebas dan pelimpah berpintu
Panjang saluran	: 460,00m
El. ambang pelimpah tanpa pintu	: El. 272,50 m
Lebar ambang pelimpah tanpa pintu	: 50,00 m
Elevasi ambang pelimpah berpintu	: El. 267,00 m
Lebar ambang pelimpah berpintu	: 10,00 m
Kapasitas	: 1.600,00 m ³ /det
Panjang jembatan beton	: 12,00 m
Lebar jembatan beton	: 9,30 m
Panjang jembatan baja	: 22,00 m
Lebar jembatan baja	: 9,30 m
<u>Pintu Spillway</u>	
- Jumlah	: 1 buah
- Tipe	: Simple girder
- Ukuran	: 10 x 5,8 m
- Motor	: 380 V ; 7,5 kW

Generator set (cadangan)

- Jumlah	: 1 buah
- Rated output	: 60 kVA
- Rated voltage & rated current	: 380 V 54 A
- Frekuensi	: 50 Hz
- Rotasi	: 1.400 rpm

8. Pendatar Tekanan Air / Surge Tank

Jumlah	: 3 buah
Tinggi	: 50,00 m
Diameter	: 7,00 m

9. Pipa Pesat / Penstock

Jumlah	: 3 buah
Diameter	: 3,40 m

10. Terowong Penghubung / Connection Tunnel

Tipe	: Bentuk bundar dari beton
Diameter	: 3,00 m sepanjang 610,30 m 2,50 m sepanjang 211,70 m, termasuk bagian transisi.
Panjang	: 822,00 m
Kemiringan	: 1: 732
Elevasi dasar	: El. 251,00 m pada <i>inlet</i> (di Lahor) El. 247,00 m pada <i>outlet</i> (di Sutami)
Pintu	: Pintu gelinding / <i>Roller gate</i> , 1 buah 2,50 m x 2,50 m

11. Turbin

Jumlah	: 3 buah
Tipe	: <i>Vertical Francis</i>
Tinggi Efektif	: 85,40 m
Debit maksimum	: 51,80 m ³ /det
Kapasitas maksimum	: 36.000,00 kW
Putaran	: 250,00 rpm

12. Generator

Jumlah	: 3 buah
Tipe	: Payung / <i>Umbrella</i>
Kapasitas	: 39.000,00 kVA
Output maksimum	: 35.000,00 kW
Voltage	: 11.000,00 V
Frekuensi	: 50,00 Hz
Putaran	: 250,00 rpm

13. Relokasi Jalan Kereta Api

Jalan Kereta Api lama	: 2.750,00 m
Jalan Kereta Api baru	: 3.980,00 m
Terowong Kereta Api I	: 600,00 m
Terowong Kereta Api II	: 440,00 m
Terowong berjendela	: 145,00 m
Jembatan rangka baja	: 87,50 m

14. Saluran Akhir / Tailrace

Elevasi muka air banjir rencana	: El. 187,00 m
Elevasi muka air tailrace minimum	: El. 179,00 m

15. Terowong Inspeksi / Inspection Gallery

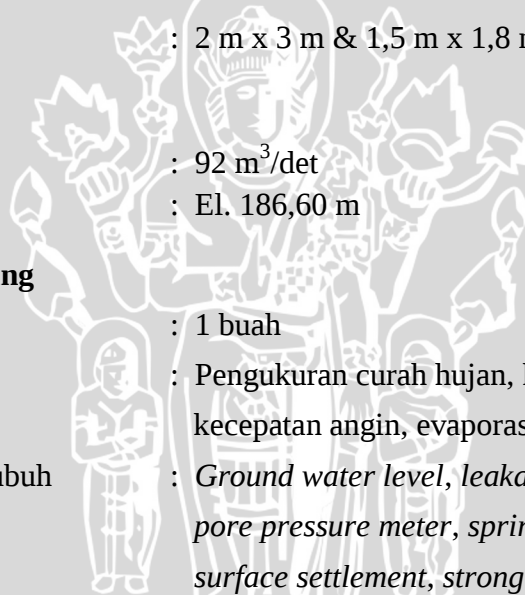
Tipe	: Tapal Kuda
Panjang	: 318 m + 108 m
Diameter	: 2 m x 3 m & 1,5 m x 1,8 m

16. Hollow Jet Valve

Debit maksimum	: 92 m ³ /det
Elevasi ambang	: El. 186,60 m

17. Peralatan Monitoring

Duga muka air	: 1 buah
Peralatan klimatologi	: Pengukuran curah hujan, kelembaban, kecepatan angin, evaporasi
Pemantau keamanan tubuh bendungan	: <i>Ground water level, leakage water, pore pressure meter, spring water surface settlement, strong motion accelerograph</i>



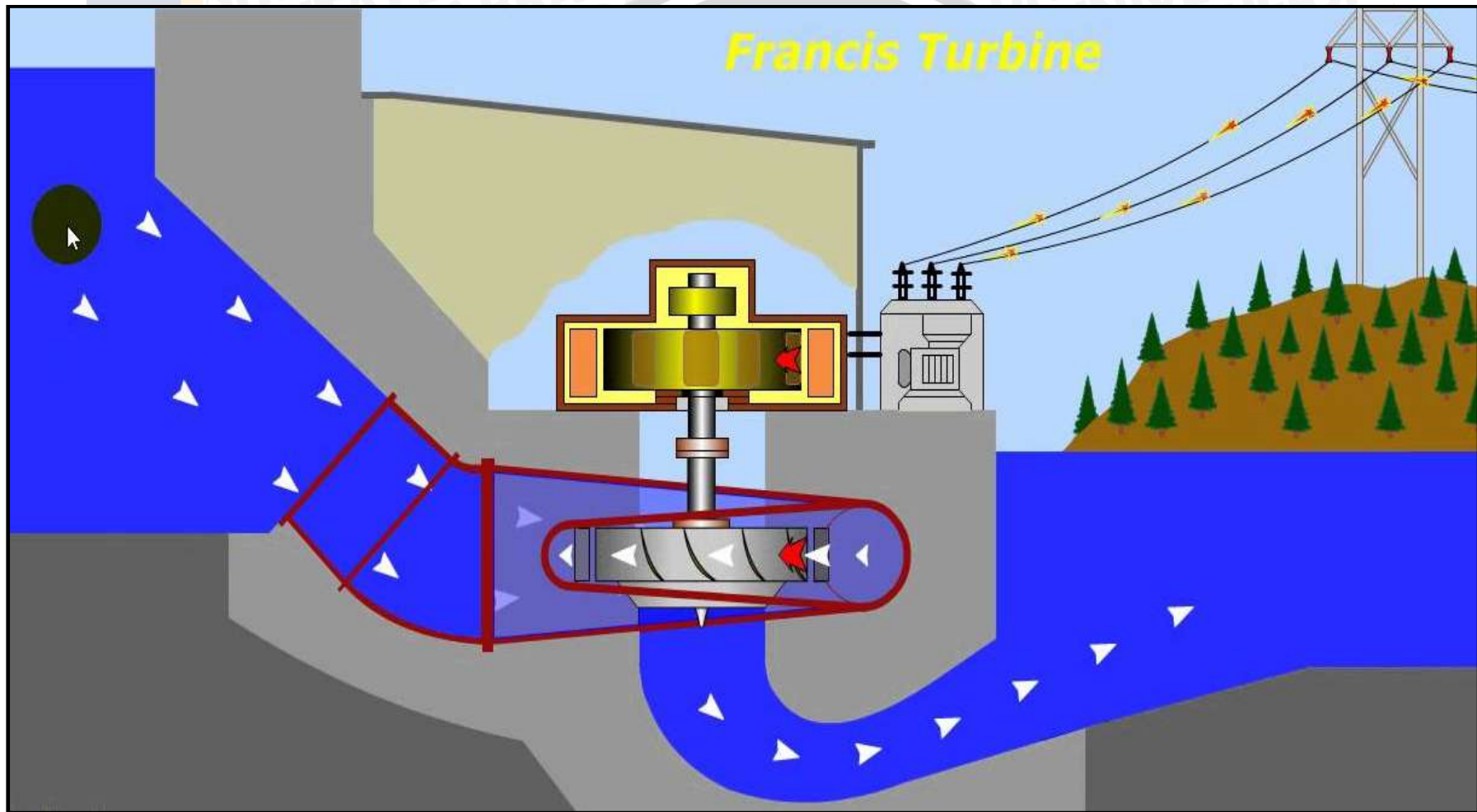


Gambar 3.2. Pos AWLR (Automatic Water Level Recorder) Waduk Sutami
(Sumber: Dokumentasi 2015)



Gambar 3.3. Pipa Penstock PLTA Waduk Sutami

(Sumber: Perum Jasa Tirta I)



Gambar 3.4. Skema Kerja Turbin Tipe Vertical Francis

(Sumber: <https://www.ytimg.com>)



Gambar 3.5. Cerobong Udara PLTA Waduk Sutami

(Sumber: Perum Jasa Tirta I)

3.2.2. Data Debit

Data debit pada studi ini diperlukan untuk melihat kondisi *fluktuasi* debit yang masuk ke dalam waduk selama periode tahun 2002 – 2011 guna menunjang data untuk produksi listrik PLTA Waduk Sutami.

3.2.3. Data Produksi Listrik PLTA Waduk Sutami

Untuk mengetahui daya listrik yang diproduksi PLTA Waduk Sutami digunakan data produksi listrik Waduk Sutami dari tahun 2002 sampai tahun 2011. Dengan melihat data tersebut, maka dapat disimulasikan optimasi lepasan yang akan dilakukan guna mendapatkan hasil yang optimal untuk produksi listrik PLTA Waduk Sutami untuk kedepannya.

3.2.4. Data Pola Operasi Waduk Sutami

Data pola operasi Waduk Sutami digunakan untuk menunjang perhitungan produksi listrik PLTA Waduk Sutami ini.

3.3. Rencana Studi Simulasi Optimasi Lepas Waduk

Dalam melakukan pola operasi waduk menggunakan simulasi kapasitas tampungan dan aturan lepasan berdasarkan tampungan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Memasukkan data *Demand*.
2. Menentukan tampungan awal bulan atau tampungan awal operasi.
3. Elevasi awal bulan diambil pada saat muka air normal.
4. Luas genangan waduk diambil dari data karakteristik waduk.
Luas genangan berdasarkan total tampungan waduk pada periode tertentu.
Luas genangan digunakan untuk mencari kehilangan air akibat evaporasi.
5. Menentukan debit inflow di waduk.
Debit masukan didapatkan dari besarnya debit inflow pada bulan-bulan yang bersangkutan per periode.
6. Menentukan kehilangan air di waduk akibat evaporasi
Kehilangan air di waduk akibat evaporasi sangat tergantung dari luas permukaan waduk. Semakin luas genangan waduk maka semakin banyak pula kehilangan air akibat evaporasi.
7. Menentukan pedoman lepasan berdasarkan Tampungan Waduk.

8. Menentukan debit keluaran outflow waduk
Debit outflow pada waduk diperoleh dari besarnya kebutuhan air untuk PLTA, dengan pedoman lepasan berdasarkan Tampungan Waduk.
9. Mengitung besarnya tampungan
Hitung besarnya tampungan waduk. $S_{n-1} = S1 + \text{Inflow} - \text{Outflow} - \text{Evaporasi}$.
10. Menentukan aturan lepasan operasi waduk berdasarkan tampungan
Dilakukan pembatasan terhadap lepasan apabila tampungan waduk menurun besarnya dan besarnya lepasan tergantung dari prosentase pemenuhan kebutuhan.
11. Cek apakah $S_{n-1} < \text{tampungan efektif}$ atau dibawah batas tampungan mati, maka dianggap tidak terjadi limpasan.
12. Jika $S_{n-1} > \text{tampungan efektif}$, maka hitung limpasan dimana limpasan = S_{n-1} dikurangi dengan tampungan efektif.

3.4. Rumusan Metode Algoritma Genetik

Algoritma Genetik adalah salah satu metode dari kelompok simulasi untuk optimasi. Prosedur jenis ini cenderung efektif terutama untuk mengeksplorasi berbagai bagian-bagian daripada wilayah yang layak (*feasible*) dan secara gradual bergerak menuju solusi-solusi layak yang terbaik. Prosedur Algoritma Genetik belakangan sangat populer untuk digunakan dalam menyelesaikan problem-problem optimasi dengan tingkat kesulitan yang tinggi. Tahap – tahap rumusnya adalah:

1. Populasi awal
Proses ini merupakan proses yang digunakan untuk membangkitkan populasi awal secara random sehingga didapatkan solusi awal.
2. Evaluasi fitness
Proses ini merupakan proses untuk mengevaluasi setiap populasi dengan menghitung nilai fitness setiap kromosom dan mengevaluasinya sampai terpenuhi kriteria berhenti.
3. Seleksi
Proses seleksi merupakan proses untuk menentukan individu-individu mana saja yang akan dipilih untuk dilakukan crossover.
4. Crossover
Proses *crossover* ini merupakan proses untuk menambah keanekaragaman string dalam satu populasi.

5. Mutasi

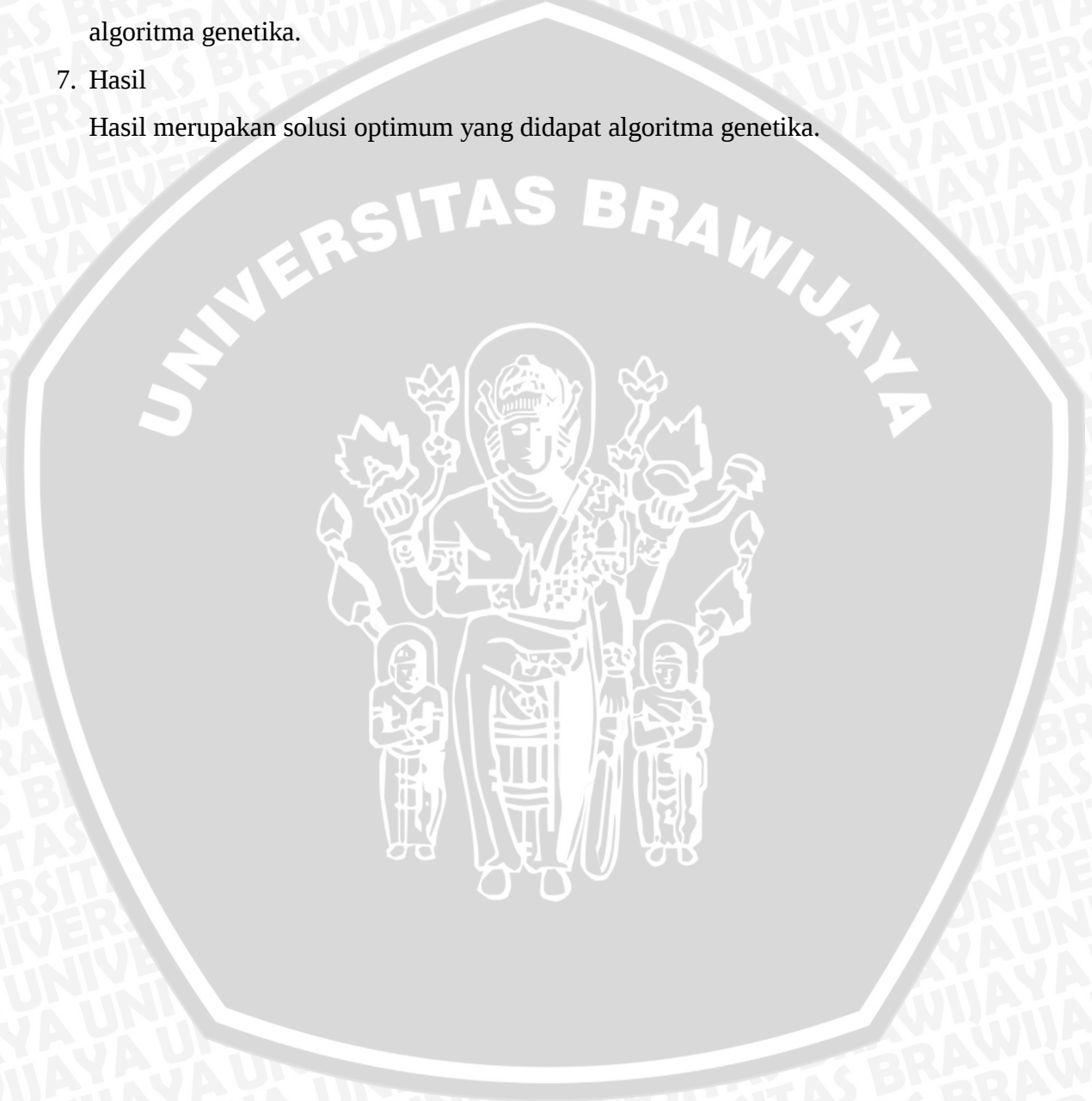
Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari satu atau beberapa gen dalam suatu kromosom.

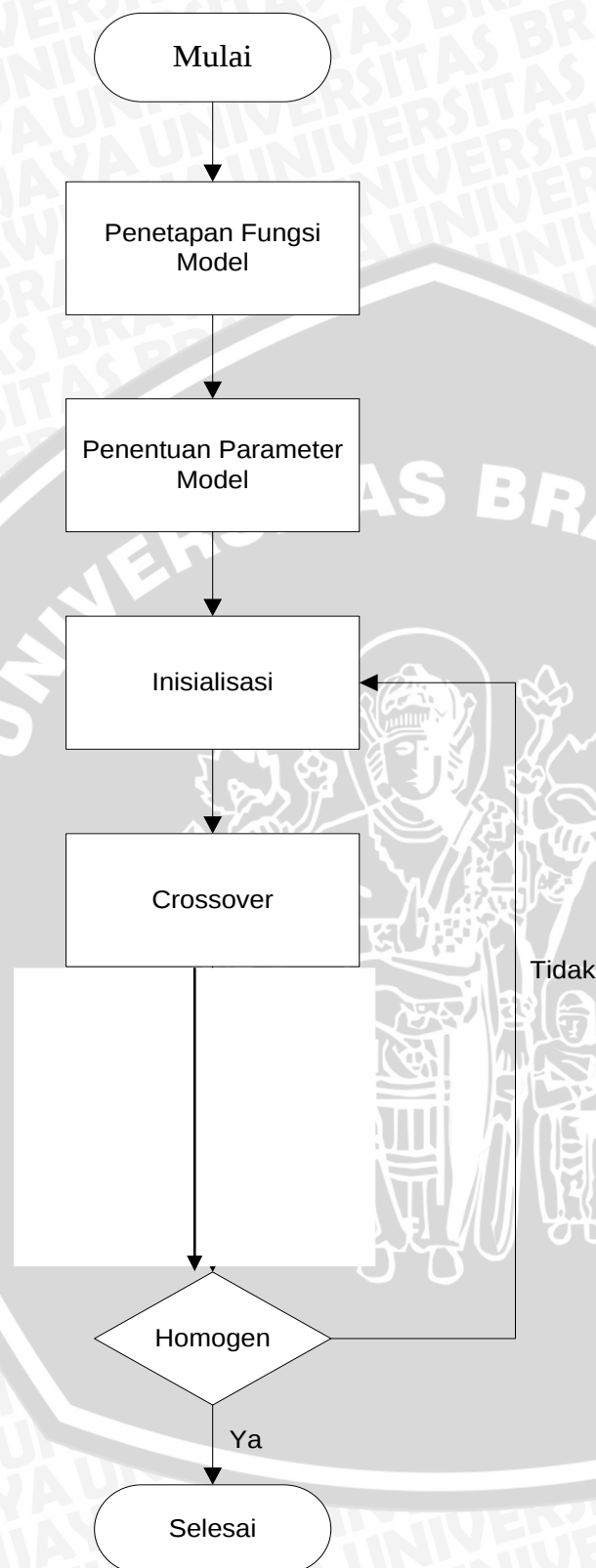
6. Kriteria berhenti

Kriteria berhenti merupakan kriteria yang digunakan untuk menghentikan proses algoritma genetika.

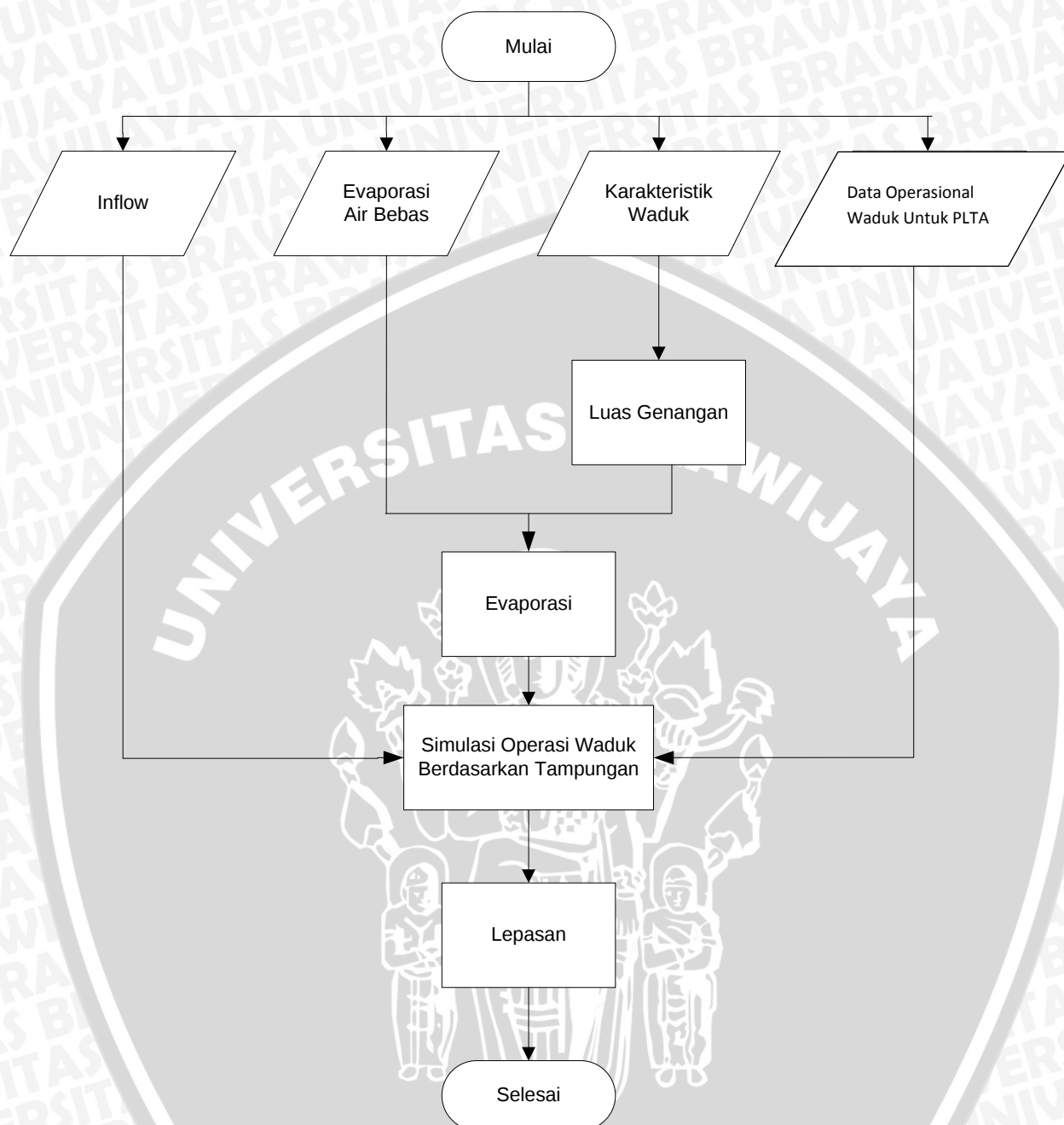
7. Hasil

Hasil merupakan solusi optimum yang didapat algoritma genetika.

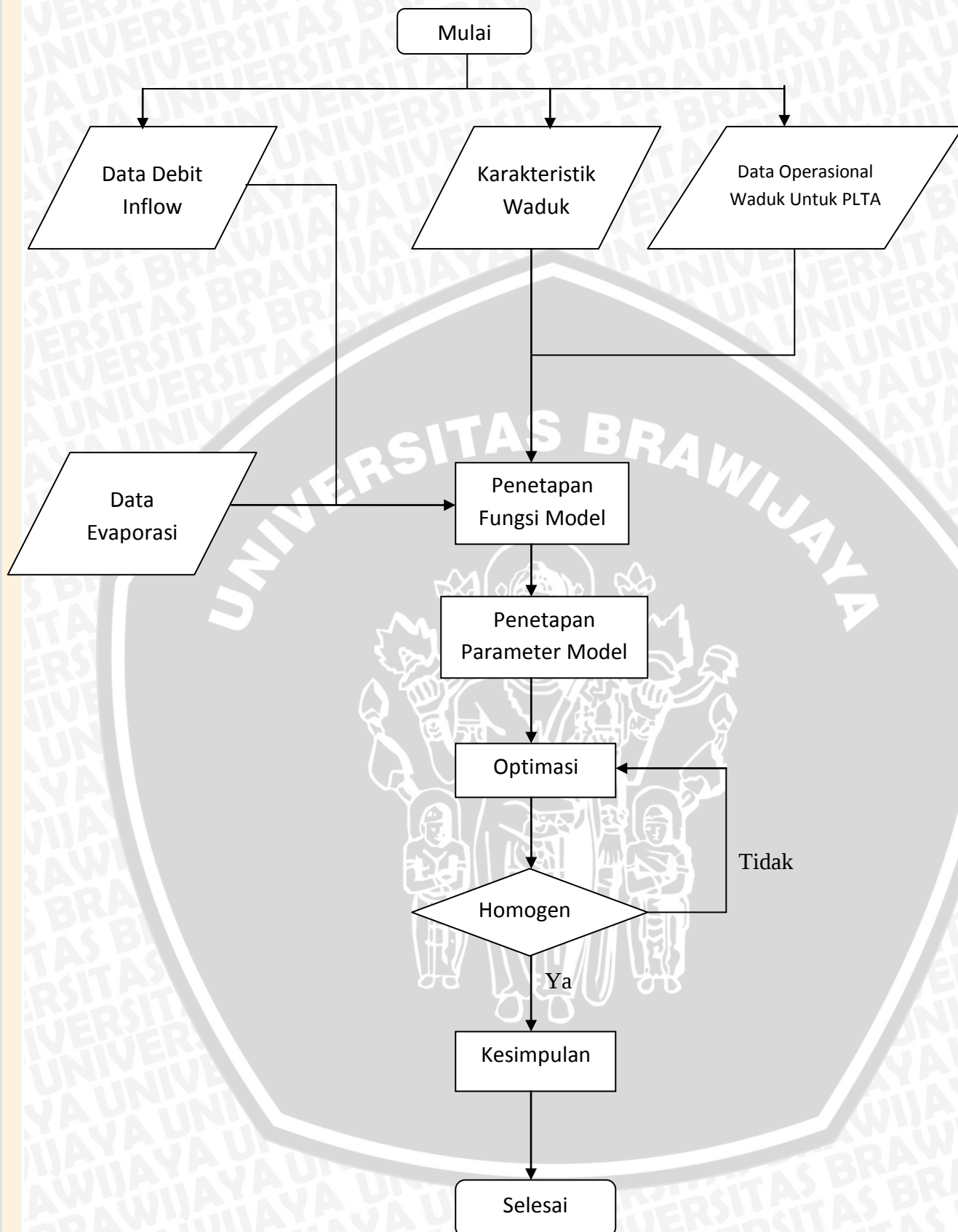




Gambar 3.6. Diagram Alir Pengerjaan Algoritma Genetik



Gambar 3.7. Diagram Alir Pengerjaan Simulasi Lepas Waduk



Gambar 3.8. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi