

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

**TESIS**

**TEKNIK PENGAIRAN  
MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
Memperoleh gelar Magister Teknik**



**Oleh:**

**WAHYU SRY SARDONO  
NIM. 156060400111002**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2018**

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

**WAHYU SRY SARDONO  
NIM. 156060400111002**

**telah dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 14 Mei 2018  
dinyatakan telah memenuhi syarat  
untuk memperoleh gelar Magister Teknik**

**Komisi Pembimbing,**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng  
NIP. 19550226 198503 1 002

Dr. Very Dermawan, ST, MT.  
NIP. 19730217 199903 1 001

**Malang, Mei 2018**

**Universitas Brawijaya  
Fakultas Teknik Jurusan Pengairan  
Ketua Program Magister Teknik Pengairan**



Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST., MT  
NIP. 19750227 199903 1 001

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

**WAHYU SRY SARDONO**

**NIM. 156060400111002**

**telah dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 14 Mei 2018  
dinyatakan telah memenuhi syarat  
untuk memperoleh gelar Magister Teknik**

**Komisi Pembimbing,**

**Pembimbing I**

**Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng  
NIP. 19550226 198503 1 002**

**Pembimbing II**

**Dr. Very Dermawan, ST, MT.  
NIP. 19730217 199903 1 001**

**Malang, Mei 2018**

**Universitas Brawijaya  
Fakultas Teknik Jurusan Pengairan  
Ketua Program Magister Teknik Pengairan**

**Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST., MT  
NIP. 19750227 199903 1 001**



## JUDUL TESIS :

## **IDENTITAS TIM PENGUJI**

# **SIMULASI POLA OPERASI PADA TAMPUNGAN EMBUNG TIU PASAI SEBAGAI SUPLAI AIR BAKU DAN IRIGASI MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIK**

Nama Mahasiswa : Wahyu Sry Sardono

NIM : 156060400111002

Program Studi : Teknik Pengairan

Minat : Manajemen Sumber Daya Air

## KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Dr.Ir. Widandi Soetopo, M.Eng

Anggota : Dr. Very Dermawan, ST., MT.

## TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Pengaji 1 : Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT.

Dosen Pengaji 2 : Dr. Ir. Rispingtati, M.Eng.

Tanggal Ujian Tesis : 14 Mei 2018

SK Pengujian rawijaya Universitas Pendidikan Ganesha : Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik

Universitas Brawijaya Nomor : 1022 Tahun 2018

Malang, Mei 2018

Mahasiswa

Wahyu Sry Sardono

NIM : 156060400111002



## **PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip di dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).





*Karya ilmiah ini kutujukan kepada :*

*(alm.) Bapak dan Ibuku tercinta,*

*Adikku tercinta,*

*Semua Orang Terdekatku*

**RIWAYAT HIDUP**

Wahyu Sri Sardono, Lahir di Sumbawa Besar, 17 Desember 1990, anak kedua dari Bapak Bambang Sukarelwan dan Ibu Fatimah. Pendidikan SD sampai SMA di Sumbawa Besar, lulus SMA tahun 2008. Menyelesaikan studi Strata Satu (S1) di Universitas Brawijaya Malang, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan pada tahun 2013. Bekerja sebagai tenaga pendukung di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I sejak tahun 2013 hingga 2015. Pada tahun 2015 melanjutkan studi di Magister Teknik Pengairan Minat Manajemen Sumber Daya Air di Universitas Brawijaya.

Malang, 1 Mei 2018

Penulis



**UCAPAN TERIMA KASIH**

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul **“SIMULASI POLA OPERASI TAMPUNGAN EMBUNG TIU PASAI SEBAGAI SUPLAI AIR BAKU MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIK.”**

Terwujudnya tesis ini tidak terlepas dari partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Ibu Fatimah dan (alm.) Bapak Bambang serta Tiwi yang selalu memberikan dukungan dan doa dengan tulus dan ikhlas.
2. Dea Awalia Saraswati, SH., yang tidak bosan-bosannya memberikan dukungan dan motivasi selama proses penyelesaian tesis ini.
3. Gracia Tanti, STP, MP yang memberikan dukungan dan motivasi selama proses penyelesaian tesis ini.
4. Nando Pranca, ST., atas bantuannya pada proses penyelesaian tesis.
5. Rekan-rekan mahasiswa MSDA Reguler Teknik Pengairan Universitas Brawijaya angkatan tahun 2015, khususnya untuk Pak luffi dan Ibu Anita.
6. Rekan-rekan mahasiswa MSDA PU Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Angkatan 2014 Khususnya Rica Yunita, ST., MT., Otty Indra Istanto, ST., MT., Yudha Tantra Ahmadi, ST., MT. Pradoko Indra Purwanto, ST., MT. Dan Ata Pagatiku, ST., MT.
7. Serta seluruh pihak yang turut memberikan dukungan, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Malang, Mei 2018  
Penulis

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji syukur bagi Allah SWT dengan segala nikmat dan berkat yang telah diberikan-Nya. Sehingga penulis dapat menyajikan tesis yang berjudul “**SIMULASI POLA OPERASI PADA TAMPUNGAN EMBUNG TIU PASAI SEBAGAI SUPLAI AIR BAKU MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIK**”.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini dapat terselesaikan berkat bantuan, petunjuk, dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu proses penyelesaian proposal ini, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Widandi Soetopo, M. Eng., dan Bapak Dr. Very Dermawan, ST, MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT., dan Ibu Dr. Ir. Rispingtati, M.eng., selaku dosen pengaji selaku dosen pengaji, yang telah berkenan meluangkan waktu untuk memberikan saran dan masukan serta kritik dalam penyempurnaan Tesis ini.
3. Bapak Dr. Eng Donny Harisuseno, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Pengairan.
4. Seluruh Dosen Pengajar yang telah memberikan waktu dan ilmunya selama masa perkuliahan, serta segenap staf administrasi.
5. Semua Pihak yang telah memberikan bantuan, teman-teman Teknik Pengairan, Sahabat, dan Alumni Teknik Pengairan, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu atas seluruh dukungan sehingga Tesis ini dapat selesai.

Dengan segenap kesadaran dan keterbatasan yang ada, maka penyusun mengharapkan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan Tesis ini, sehingga dapat lebih bermanfaat bagi siapapun.

Akhirnya penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dengan ikhlas, mudah-mudahan semuanya dinilai oleh Allah SWT sebagai amal baik, Aamiin.

Malang, 18 Mei 2018

Penulis



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Manfaat dan Kontribusi Penelitian.....	3
1.7 Penelitian Sebelumnya.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>	<b>7</b>
2.1 Umum.....	7
2.2 Embung .....	8
2.2.1 Karakteristik Embung .....	8
2.3 Operasi Tampungan Embung.....	9
2.3.1 Persamaan Keseimbangan Air Di Embung.....	9
2.3.2 Lengkung Kapasitas Tampungan .....	10
2.3.3 Pola Operasi Embung.....	11
2.3.4 Lepasan Operasi Embung .....	12
2.3.5 Skenario Pola debit Inflow Embung.....	14
2.3.6 Pembangkitan Data Inflow Sintetis dengan Metode Thomas–Fiering .....	14
2.3.7 Bilangan Random.....	16
2.4 Operasi Embung Yang Optimal .....	17
2.5 Analisa Kebutuhan Air Baku .....	17
2.5.1 Kebutuhan Domestik.....	19
2.5.2 Kebutuhan Non Domestik.....	19



2.5.3 Perhitungan Proyeksi Penduduk .....	19
2.5.4 Perhitungan Kebutuhan Debit Air Baku Penduduk .....	20
2.5.5 Perhitungan Kebutuhan Debit Fasilitas Umum, Kebocoran, Hidran dan Kebutuhan Air Baku Total .....	20
2.5.6 Analisa Debit Andalan Metoda NRECA .....	21
<b>2.6 Analisa Kebutuhan Air Tanaman .....</b>	<b>24</b>
2.7 Neraca Air .....	26
2.8 Model Hidrologi Matematik .....	27
2.9 Arti dan Lingkup Simulasi Stokastik .....	28
2.10 Analisa Sistem .....	28
2.11 Simulasi dan Tujuan Operasi Embung .....	29
2.11.1 Fungsi Tujuan .....	30
2.11.2 Model Simulasi Stokastik .....	31
2.11.3 Kegunaan Simulasi Stokastik .....	32
2.11.4 Model Optimasi Secara Umum .....	32
2.11.5 Optimasi dengan Algoritma Genetik (AG) .....	33
2.11.6 Model Optimasi Algoritma Genetik .....	33
2.11.7 Bahasa Pemograman untuk Simulasi Stokastik .....	34
2.12 Probabilitas dan Statistik .....	35
2.12.1 Sifat Probabilitas Sistem Sumbar Daya Air .....	35
2.12.2 Runtun Waktu .....	36
2.12.3 Perhitungan Statistik .....	37
2.12.4 Korelasi Serial .....	37
2.12.5 Metode Pengambilan Sampel .....	38
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
3.1 Deskripsi Lokasi Studi .....	39
3.2 Metode Penelitian .....	43
3.2.1 Data Teknis Embung Tiu pasai .....	43
3.2.2 Rencana Studi Simulasi Optimasi Lepasan Waduk .....	47
3.2.3 Rumusan Metode Algoritma Genetik .....	48



<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
4.1 Analisa Data Hujan.....	53
4.1.1 Uji Homogenitas.....	53
4.1.2 Uji RAPS ( <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> ) .....	53
4.2 Evapotranspirasi Potensial.....	55
4.3 Inflow Embung Tiu Pasai .....	57
4.3.1 Analisa Debit Aliran Rendah dengan Model Nreca.....	57
4.3.2 Pembangkitan Data Debit Sintetis metode Thomas Fiering .....	70
4.4 Kebutuhan Air Embung Tiu pasai.....	71
4.5 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai .....	81
4.6 Model Simulasi Simulasi Algoritma Genetik.....	96
4.6.1 Umum.....	96
4.6.2 Reproduksi.....	98
4.6.3 Crossover.....	100
4.7 Model Simulasi Lepasan Embung Tiu Pasai dengan Algoritma Genetik.....	102
4.7.1 Proses Inisialisasi Algoritma Genetik.....	103
4.7.2 Proses Crossover Algoritma Genetik.....	106
4.7.3 Proses Reproduksi Algoritma Genetik.....	109
4.8 Rekapitulasi Hasil Simulasi Algoritma Genetik.....	111
4.9 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Tampungan Hasil Dari Algoritma Genetik tahun 2005-2014.....	112
4.10 Pedoman Lepasan Dan Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Tampungan Hasil Dari Algoritma Genetik dengan debit sintetis tahun 2019-2028.....	125
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>141</b>
5.1 Kesimpulan.....	141
5.2 Saran.....	143
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



vi



	<b>DAFTAR TABEL</b>	
Tabel 1.1.	Daftar penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan permasalahan	4
Tabel 2.1	Lepasan Berdasarkan Tampungan	13
Tabel 2.2	Klasifikasi dan Struktur Kebutuhan Air	18
Tabel 2.3	Koefisien Tanaman	25
Tabel 4.1	Data curah hujan Stasiun Pungkit Atas	53
Tabel 4.2	Uji Konsistensi Stasiun Pungkit Atas Dengan Metode RAPS	54
Tabel 4.3	Nilai $Q/\sqrt{n}$ dan $R/\sqrt{n}$	55
Tabel 4.4	Perhitungan evapotranspirasi potensial dengan metode penman untuk catchment area Tiu Pasai	56
Tabel 4.5	Perhitungan Model Nreca Tahun 2005	58
Tabel 4.6	Perhitungan Model Nreca Tahun 2006	59
Tabel 4.7	Perhitungan Model Nreca Tahun 2007	60
Tabel 4.8	Perhitungan Model Nreca Tahun 2008	61
Tabel 4.9	Perhitungan Model Nreca Tahun 2009	62
Tabel 4.10	Perhitungan Model Nreca Tahun 2010	63
Tabel 4.11	Perhitungan Model Nreca Tahun 2011	64
Tabel 4.12	Perhitungan Model Nreca Tahun 2012	65
Tabel 4.13	Perhitungan Model Nreca Tahun 2013	66
Tabel 4.14	Perhitungan Model Nreca Tahun 2014	67
Tabel 4.15	Rekapitulasi Perhitungan Model Nreca Tahun 2005-2014	68
Tabel 4.16	Rekapitulasi hasil Nreca dengan data yang diurutkan	69
Tabel 4.17	Data Curah, data debit observasi, dan data debit andalan Nreca	69
Tabel 4.18	Data debit sintetis metode Thomas Fiering	71
Tabel 4.19	Proyeksi jumlah penduduk kabupaten kuningan dengan metode geometrik	73
Tabel 4.20	Kebutuhan air Baku untuk Kecamatan Lape sampai dengan tahun 2028	76
Tabel 4.21	Kebutuhan Air Irigasi untuk DI. Tiu Pasai (Golongan A)	78
Tabel 4.22	Kebutuhan Air Irigasi untuk DI. Tiu Pasai (Golongan B)	79
Tabel 4.23	Kebutuhan Air Irigasi untuk DI. Tiu Pasai (Golongan C)	80
Tabel 4.24	Kebutuhan Irigasi layanan Embung Tiu Pasai	81

viii	
Tabel 4.25 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2005 .....	84
Tabel 4.26 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2006 .....	85
Tabel 4.27 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2007 .....	86
Tabel 4.28 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2008 .....	87
Tabel 4.29 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai 2009 .....	88
Tabel 4.30 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai 2010 .....	89
Tabel 4.31 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2011 .....	90
Tabel 4.32 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2012 .....	91
Tabel 4.33 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2013 .....	92
Tabel 4.34 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2014 .....	93
Tabel 4.35 Contoh Alternatif Aturan Lepasan Berdasarkan Tampungan Pada Simulasi Algortima Genetik .....	97
Tabel 4.36 Contoh 120 Kromosom Beserta Fungsi Kinerja Algoritma Genetik Pada Turunan Pertama .....	99
Tabel 4.37 Contoh Kromosom Hasil Seleksi Pada Turunan Pertama .....	100
Tabel 4.38 Perhitungan Crossover .....	101
Tabel 4.39 Hasil Bangkitan Populasi Awal dari Proses Inisialisasi .....	106
Tabel 4.40 Populasi Aturan Lepasan Hasil Kombinasi Antar Generasi pada Proses Crossover pada Generasi ke- 7 .....	108
Tabel 4.41 Populasi Hasil Perbaikan (seleksi) pada reproduksi ke 13 .....	109
Tabel 4.42 Cek Kondisi Homogen (seragam) Pada Proses Perbaikan Generasi ke 13 .....	110
Tabel 4.43 Rekap Hasil Iterasi Simulasi Metode Algoritma Genetik .....	111
Tabel 4.44 Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Metode Algoritma Genetik .....	111
Tabel 4.45 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2005 .....	113
Tabel 4.46 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2006 .....	114
Tabel 4.47 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2007 .....	115
Tabel 4.48 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2008 .....	116

Tabel 4.49 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2009.....	117
Tabel 4.50 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2010.....	118
Tabel 4.51 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2011.....	119
Tabel 4.52 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2012.....	120
Tabel 4.53 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2013.....	121
Tabel 4.54 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2014.....	122
Tabel 4.55 Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Metode Algoritma Genetik.....	125
Tabel 4.56 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2019.....	127
Tabel 4.57 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2020.....	128
Tabel 4.58 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2021.....	129
Tabel 4.59 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2022.....	130
Tabel 4.60 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2023.....	131
Tabel 4.61 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2024.....	132
Tabel 4.62 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2025.....	133
Tabel 4.63 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2026.....	134
Tabel 4.64 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2027.....	135

Tabel 4.65 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan  
Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2028..... 136



<b>DAFTAR GAMBAR</b>	
Gambar 2.1 Karakteristik Embung .....	7
Gambar 2.2 Zona Tampungan Embung .....	9
Gambar 2.3 Lengkung Kapasitas Tampungan .....	10
Gambar 2.4 Lepasan Tak Tergantung Tampungan .....	12
Gambar 2.5 Lepasan Tergantung Tampungan .....	13
Gambar 2.6 Skema bagan struktur model NRECA .....	21
Gambar 2.7 Model Stokastik .....	31
Gambar 2.8 Alternatif Solusi .....	32
Gambar 2.9 Kromosom sebagai Alternatif Solusi .....	33
Gambar 2.10 Diagram sistem sumber daya air yang probabilistik .....	36
Gambar 2.11 Runtun Waktu .....	36
Gambar 2.12 Pengambilan sampel .....	38
Gambar 3.1 Lokasi Studi .....	40
Gambar 3.2 Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Nangabangka (No. 055) .....	41
Gambar 3.3 Peta Sebaran Pos Hidrologi Sekitar DAS Nangabangka (No. 055) .....	42
Gambar 3.4 Lengkung Kapasitas Tampungan .....	43
Gambar 3.5 Site Plan Embung Tiu Pasai .....	44
Gambar 3.6 Denah Embung Tiu Pasai .....	45
Gambar 3.7 Potongan Memanjang Embung Tiu Pasai .....	46
Gambar 3.8 Diagram Alir Penggerjaan Algoritma Genetik .....	49
Gambar 3.9 Diagram Alir Penggerjaan Simulasi Lepasan Waduk .....	50
Gambar 3.10 Diagram Alir Penggerjaan Tesis .....	51
Gambar 4.1 Hubungan data hujan dengan hasil perhitungan data hujan menjadi Debit metode NRECA .....	68
Gambar 4.2 Perbandingan Debit andalan 80% Nreca, Data Hujan dan AWLR .....	
Bendung Kenangi .....	70
Gambar 4.3 Skema Sungai Tiu Pasai dan Sungai Brang Mamak .....	77
Gambar 4.4 Grafik Elevasi Muka Air Embung Tiu Pasai Hasil Dari Simulasi .....	94
Gambar 4.5 Grafik Volume Spilout Embung Tiu Pasai Hasil Dari Simulasi .....	95



xii

Gambar 4.6 Grafik Hasil Simulasi Aturan Lepasan Berdasarkan Tampungan.....	112
Gambar 4.7 Grafik Elevasi Muka Air Embung Tiu Pasai Hasil Dari Simulasi	
Algoritma Genetik 2005-2014.....	123
Gambar 4.8 Grafik Volume Spilout Embung Tiu Pasai Hasil Dari Simulasi	
Algoritma Genetik 2005-2014.....	124
Gambar 4.9 Grafik Hasil Simulasi Aturan Lepasan Berdasarkan Tampungan Embung.....	126
Gambar 4.10 Grafik Elevasi Muka Air Embung Tiu Pasai Hasil Dari Simulasi	
Algoritma Genetik 2019-2028.....	137
Gambar 4.11 Grafik Volume Spilout Embung Tiu Pasai Hasil Dari Simulasi	
Algoritma Genetik 2019-2028.....	138



## RINGKASAN

**Wahyu Sri Sardono**, Program Studi Magister Teknik Pengairan, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2018, *Simulasi Pola Operasi Pada Tampungan Embung Tiu Pasai Sebagai Suplai Air Baku Menggunakan Metode Algoritma Genetik*, Dosen Pembimbing: Widandi Soetopo dan Very Dermawan.

Simulasi pola operasi pada tampungan embung merupakan suatu rancangan dalam pemecahan masalah model-model perencanaan berdasarkan pada fungsi matematika dengan batasan-batasan tertentu sehingga merupakan suatu proses sistem untuk menghasilkan keputusan terbaik. Salah satu metode optimasi untuk penyelesaian masalah tersebut adalah dengan menggunakan Algoritma Genetik (AG). Metode Algoritma Genetik dioperasikan menggunakan program *spreadsheet Excel* dari *Microsoft Office* versi 2016. Program *MS Excel 2016* adalah program *spreadsheet* yang terdiri dari lembar-lembar worksheet untuk tampilannya dan prosedur *Macro* dengan *Visual Basic* untuk mengontrol jalannya program. Metode ini dapat meniru perilaku sistem dan dapat digunakan untuk membuat suatu keputusan dari serangkaian keputusan yang terkait. Hal ini sangat sesuai dengan rencana alokasi pemberian dari embung Tiu Pasai sebagai kebutuhan irigasi dan air baku.

Berdasarkan hasil simulasi *time series* selama 10 tahun operasi dengan luas areal 15 ha, terjadi limpahan (*spillout*) dengan total volume 42,930,250 m<sup>3</sup>, adanya reduksi volume limpahan sebelum menggunakan pedoman lepasan hasil algoritma genetik dengan total volume limpahan (*spillout*) sebelumnya 44,537,417 m<sup>3</sup>. Selanjutnya dengan penambahan areal irigasi menjadi 20 ha, hasil simulasi *time series* selama 10 tahun operasi dengan luas areal tanam 20 ha, terjadi limpahan (*spillout*) dengan total volume 44,002,166 m<sup>3</sup>, terjadi reduksi volume limpahan sebelumnya dengan luas areal 15 ha menggunakan pedoman lepasan hasil algoritma genetik dengan total volume limpahan (*spillout*) sebelumnya 42,930,250 m<sup>3</sup>.

Kata kunci: Embung, Stokastik, Lepasan Berdasarkan Tampungan, Algoritma Genetik



*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## SUMMARY

**Wahyu Sri Sardono**, *Master Program of Water Resources Engineering, Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, May 2018, it Simulation Operation Pattern of Tiu Pasai Retention Basin as Fresh Water and Irrigation Use Genetic Algorithm Method*, Academic Supervisor: *Widandi Soetopo and Very Dermawan.*

*Simulation of operation pattern of Retention Basin is a design in problem solving models based on mathematical function to process of system to the best decision. One method of optimization for the settlement of such problems is by using a Genetic Algorithm (GA). Genetic Algorithm method operated using a spreadsheet program Excel from Microsoft Office 2016 version (or abbreviated as MS-Exel 2016). MS Excel 2016 is a spreadsheet program that consists of worksheet to zoom and procedures with Visual Basic macros to control the course of the program. This method emulate the behavior of the system and make a decision on a series of related decisions. This is in accordance with the optimization problem as Retention Basin of Tiu Pasai as irrigation and Fresh water needs.*

*Based on the results of the time series simulation for 10 years of operation with an area of 15 ha, there was a spillout with a total volume of 42,930,250 m<sup>3</sup>, the overflow volume reduction before using the genetic algorithm release pattern with the previous spillout volume of 44,537,417 m<sup>3</sup>. Furthermore, with the addition of irrigation area to 20 ha, the results of a time series simulation for 10 years of operation with a planting area of 20 ha, spillout with a total volume of 44,002,166 m<sup>3</sup>, a reduction in the previous overflow volume with an area of 15 ha using the genetic algorithm release pattern with a previous total spillout volume of 42,930,250 m<sup>3</sup>.*

**Keywords:** *Retention basin, Stochastic, Release rule based on Reservoir Storage, Genetic Algorithm*



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan air di masa mendatang akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan berkembangnya pembangunan di segala sektor. Kondisi ideal yang diharapkan oleh setiap orang adalah tersedianya air sesuai dengan tempat dan waktu, dalam jumlah yang cukup dan dengan kualitas yang memadai. Kebutuhan air tidak selamanya dapat terpenuhi oleh sumber daya air yang ada, oleh karena itu diperlukan rekayasa Sumber Daya Air (SDA), misalnya waduk. Waduk merupakan sarana pemanfaatan sumber daya air yang mempunyai fungsi sebagai penyimpan dan penyedia air. Air yang datang melimpah pada musim penghujan ditampung dan disimpan serta dipergunakan secara tepat guna, tepat waktu dan tepat sasaran sepanjang tahun.

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

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 tentang "Sistem Penyediaan Air Minum" disebutkan bahwa air minum rumah tangga menempati prioritas pertama, hal ini merupakan acuan program untuk penyediaan air baku guna mengatasi kendala utama yang mengaitkan waktu, ruang, jumlah dan mutu yang mana:

1. Air tidak tersedia pada waktu yang diperlukan
2. Air tidak tersedia pada ruang/tempat yang dibutuhkan
3. Air tidak tersedia dalam jumlah yang diperlukan dan
4. Air tidak tersedia dalam mutu yang disyaratkan

Atas dasar pertimbangan-pertimbangan tersebut diatas, dalam rangka memenuhi target *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030, yaitu menyediakan air bersih secara kontinyu yang dapat diakses paling tidak oleh 80% masyarakat Indonesia atas standar kebutuhan minimal, maka Satuan Kerja Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I Provinsi Nusa Tenggara Barat melakukan Pembangunan Embung Air Baku Tiu Pasai guna menunjang ketersediaan air di Kecamatan Lape Kabupaten Sumbawa, Sementara Embung ini masih dalam tahap pembangunan.

Analisa kinerja operasi suatu fungsi tampungan perlu di lakukan untuk mendukung fungsi waduk. Hal tersebut untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan fungsi tampungan sebagai penyuplai air baku, maupun sebagai suplai air irigasi sehingga perlu analisa operasional waduk yang lebih teliti. Berbagai metode telah dikembangkan untuk menganalisa fungsi tampungan, diantaranya : penerapan program linier, program non linier dan program dinamik.

Penyusunan suatu model operasi fungsi tampungan sangat tergantung pada sistem dan fungsi dari tampungan yang ditinjau. Pada umumnya suatu sistem waduk maupun embung mempunyai karakteristik khusus yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan model. Sehingga tidak ada model yang berlaku umum dalam berbagai sistem. Maka dari permasalahan di atas dapat digunakan sebagai bahan penelitian dengan judul “Simulasi Pola Operasi Fungsi Tampungan Embung Tiu Pasai Sebagai Suplai Air Baku Di Kecamatan Lape Menggunakan Metode Algoritma Genetik” diharapkan dapat memberi gambaran tentang peningkatan keberhasilan dalam produksi untuk Kabupaten Sumbawa dan sekitarnya.

## 1.2 Identifikasi Masalah

DAS Nangabangka 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  $30^{\circ}\text{C} - 33^{\circ}\text{C}$  dan temperatur minimum berkisar antara  $20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ . Kelembaban relatif tinggi yaitu antara 40% - 100%.

Pada sistem sungai Tiu Pasai ini terdapat 3 bendung yaitu Bendung Kenangi, Bendung Dete (Sistem DI Mamak) dan bendung Odong (bendung rakyat), namun dari informasi petugas UPT irigasi Lape, dalam merencanakan pola tanam, DI Mamak air dari sungai Tiu Pasai ini tidak pernah diperhitungkan, karena Bendung Kenangi dan bendung Dete telah disuplai dari Bendungan Mamak yaitu dianggap sebagai bangunan bagi/regulator bagi jaringannya. Sehingga pada studi ini yang diperhitungkan hanya suplai untuk areal Bendung Odong dengan areal irigasi eksisting 5 ha.

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

presentase tampungan pada waduk. Proses ini diharapkan memberikan pedoman operasi terbaik berupa lepasan berdasarkan tampungan pada Embung Tiu Pasai. Penentuan pola operasi yang optimal ini berdasarkan tampungan ini menggunakan metode Model Algoritma Genetik yang merupakan salah satu dari prosedur Simulasi Stokastik.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Mengacu pada permasalahan tersebut di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas antara lain:

1. Bagaimana karakteristik dari debit *inflow* Tampungan Embung Tiu Pasai meliputi hasil analisa konversi data hujan menjadi data debit dengan metode Nreca?
2. Bagaimana rumusan model algoritma genetik dari analisa operasional waduk?
3. Bagaimanakah hasil dari pola operasi Embung Tiu Pasai dengan Algoritma gentik?

### **1.4 Tujuan dan Manfaat**

Tujuan dari studi ini adalah untuk memperoleh pemberian air yang paling optimal pada masing-masing periode berdasarkan kebutuhan dan ketersediaan air yang ada terutama dalam aspek pemenuhan kebutuhan air baku.

Sedangkan manfaat dari studi ini adalah untuk memberikan gambaran pembagian air yang tersedia pada tampungan embung Tiu Pasai untuk masing-masing periode dengan metode Algoritma Genetik.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan - batasan yang diambil dalam penelitian ini adalah :

1. Sistem Tampungan yang ditinjau adalah Fungsi Tampungan Embung Tiu Pasai.
2. Tidak menghitung sedimen yang masuk pada waduk.
3. Simulasi pola operasi waduk yang akan digunakan adalah model simulasi lepasan berdasarkan tampungan

### **1.6 Manfaat dan Kontribusi Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi dari operasional Embung terhadap fungsi tampungan, sehingga dapat berfungsi sesuai dengan tujuan dari perencanaan awal Embung secara optimal. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar teori untuk sistem pengoperasian Embung Tiu Pasai oleh instansi terkait.

## 1.7 Penelitian Sebelumnya

Penelitian atau kajian terdahulu yang mempunyai kaitan dengan permasalahan yang dikaji sebagaimana di lampirkan dalam Tabel 1.1 berikut ini:

**Tabel 1.1. Daftar penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan permasalahan**

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Kajian Pola Operasi Waduk Tugu Dengan <i>Inflow Debit Andalan Dan Inflow Debit Bangkitan AWLR</i> (oleh Yudha Tantra Ahmadi, Dr. Ir. Widandi Soetopo, M. Eng, Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT. Pascasarjana Teknik Pengairan minat Manajemen Sumber Daya Air FTUB-UB, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perbandingan hasil simulasi tampungan waduk Tugu menjadi acuan Pola Operasi Waduk Bendungan Tugu, dimana hasil pengaliran Debit andalan 50% dan 80%.</li> <li>- Kebutuhan air layanan Waduk Tugu untuk memenuhi kebutuhan air baku 31.81lt/det. Kebutuhan Irrigasi untuk wilayah irrigasi waduk Tugu tiap tahunnya dengan Pola Tata Tanam Padi-Padi-Padi sebesar 9.121 lt/det/ha, Pola Tata Tanam Padi-Padi-Palawija sebesar 5.856 lt/det/ha, dan Pola Tata Tanam Padi-Palawija-Palawija sebesar 5.140 lt/det/ha.</li> </ul>
2	Jurnal Optimasi Operasional Waduk – waduk besar di kali Brantas untuk produksi energi menggunakan data debit real time (oleh Dwi Pangestuti, Prof. DR. Ir. Nadjadji Anwar, MSc. Pascasarjana Teknik Sipil Jurusan Hidroinformatik FTSP-ITS, 2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terjadi peningkatan produksi energy listrik jika dilakukan secara serial/kaskade dibandingkan dengan pola operasional secara sendiri-sendiri.</li> </ul>
3	Optimasi Operasional Waduk Wonorejo Sebagai Waduk Serbaguna Menggunakan Program Dinamik (oleh Dwi Indriyani, Prof. DR. Ir. Nadjadji Anwar, MSc, Dr. Ir. Edijatno. Pascasarjana Teknik Sipil	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Input data yaitu kebutuhan air baku dan <i>hidropower</i> merupakan hasil study dan perencanaan yang telah dilaksanakan waktu yang lalu dan variable ekonomi diantaranya hasil</li> </ul>





No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
4	Jurusan Hidroinformatik FTSP-ITS, 2009) Jurnal Optimasi Pola Operasi Waduk Tilong Dengan Program Dinamik Deterministik (oleh Contandji Nait, Program Magister SDA, Institut Teknologi Bandung, 2005)	produksi serta biaya sita produksi berdasarkan harga dari kondisi pasar setempat. - Debit Tilong mempunyai potensi yang relative baik sebagai <i>inflow</i> utama ke waduk Tilong. - Keandalan Volume untuk tahun basah adalah 96,87%, tahun normal 91,94%, dan tahun kering 90 %.

Sumber : Anonim, (2017)



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



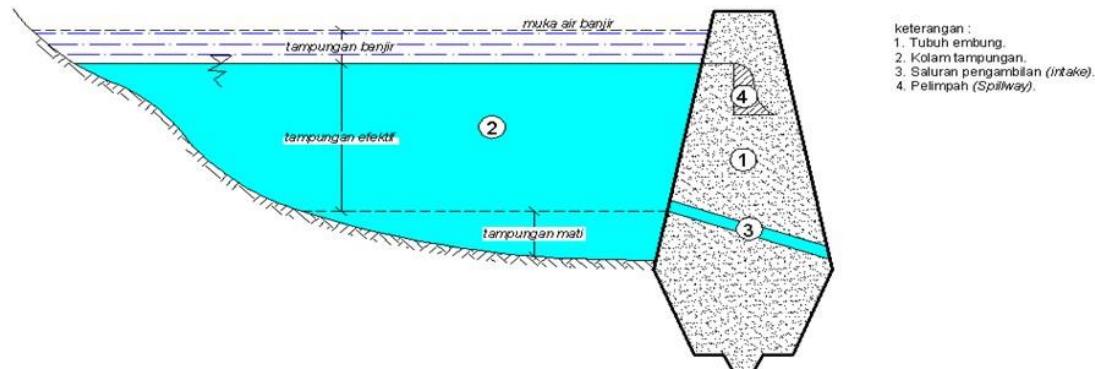
## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Umum

Embung adalah bangunan konservasi air berbentuk kolam untuk menampung air hujan dan air limpasan serta sumber air lainnya untuk mendukung usaha pertanian, perkebunan dan peternakan terutama pada saat musim kemarau. Untuk menjamin fungsi dan keamanannya, desain rencana pengambangan embung mempunyai beberapa bagian yang perlu dipertimbangkan meliputi hal-hal seperti berikut:

1. Tubuh embung berfungsi untuk menutup lembah atau cekungan, sehingga air dapat tertampung di sebelah hulunya.
2. Kolam embung berfungsi untuk menampung air hujan yang masuk.
3. Bangunan intake berfungsi untuk mengeluarkan air di kolam bila diperlukan.
4. Bangunan pelimpah berfungsi untuk mengalirkan air banjir dari kolam ke lembah dan untuk mengamankan tubuh embung terhadap peluapan.
5. Jaringan irigasi atau distribusi dapat berupa rangkaian saluran terbuka atau pipa yang berfungsi membawa air dari kolam embung ke daerah irigasi atau ke bak penampung air harian yang terletak dekat pemukiman (bila hal ini memungkinkan) secara gravitasi dan bertekanan dengan cara pemberian air tidak kontinyu.



Gambar 2.1 Karakteristik Embung

## 2.2 Embung

Embung merupakan cekungan yang dalam di suatu daerah perbukitan. Air embung berasal dari limpasan air hujan yang jatuh di daerah tangkapan. Berdasarkan lama embung menampung air, diklasifikasikan menjadi embung dengan tampungan sebentar (kemampuan menyimpan air antara 0-2 bulan), embung dengan tampungan menengah (kemampuan menyimpan air antara 3-5 bulan), dan embung dengan tampungan panjang/lestari (kemampuan menyimpan air antara 6-8 bulan).

Embung dapat dimanfaatkan antara lain sebagai berikut:

### 1. Irrigasi

Pada saat musim penghujan, hujan yang turun di daerah tangkapan air sebagian besar akan mengalir ke sungai. Kelebihan air yang terjadi dapat ditampung sebagai persediaan sehingga pada saat musim kemarau tiba air tersebut dapat digunakan untuk berbagai keperluan antara lain irigasi lahan pertanian.

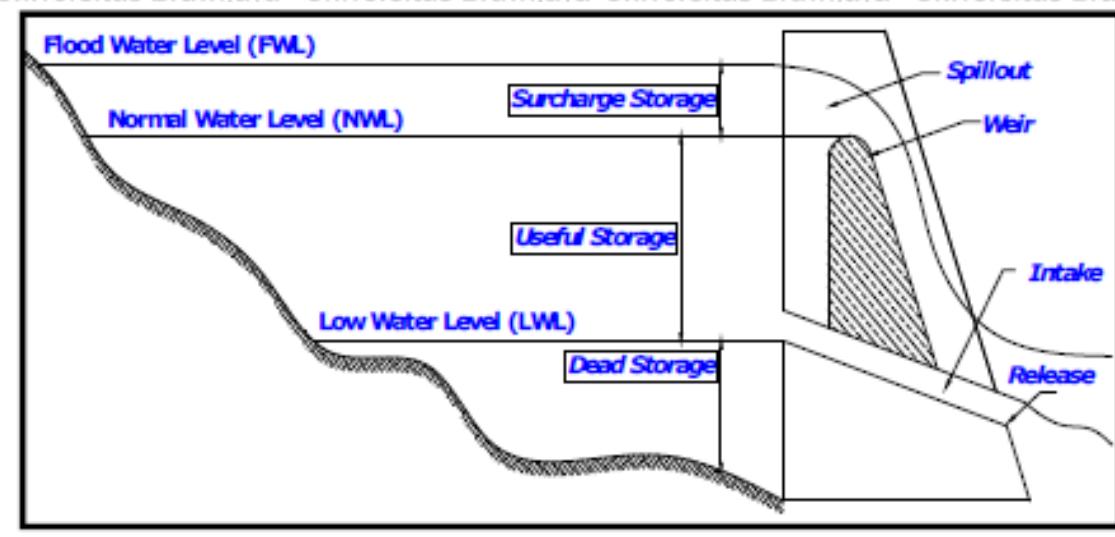
### 2. Penyediaan air baku

Air baku adalah air bersih yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air minum dan air rumah tangga. Embung selain sebagai sumber pengairan persawahan juga dimanfaatkan sebagai sumber penyediaan air baku untuk bahan baku air minum dan air rumah tangga. Air yang dipakai harus memenuhi persyaratan sesuai kegunaannya.

### 2.2.1 Karakteristik Embung

Karakteristik suatu embung merupakan bagian pokok dari embung yaitu volume hidup (*live storage*), volume mati (*dead storage*), tinggi muka air (TMA) maksimum, TMA minimum, tinggi mercu bangunan pelimpah berdasarkan debit rencana. Dari karakteristik fisik embung tersebut didapatkan hubungan antara elevasi dan volume tampungan yang disebut juga liku kapasitas embung. Liku kapasitas tampungan embung merupakan data yang menggambarkan volume tampungan air di dalam embung pada setiap ketinggian muka air.





Gambar 2.2 Zona Tampungan Embung

Sumber: Sudjarwadi (1988:4)

### 2.3 Operasi Tampungan Embung

Operasi tampungan embung adalah penampungan aliran air sungai ke dalam sebuah tampungan (*retention basin*) dan pelepasan air yang telah ditampung tersebut untuk berbagai tujuan tertentu. Sedangkan Pola operasi adalah patokan operasional periode suatu tampungan embung atau embung dimana debit air yang dikeluarkan harus mengikuti ketentuan agar elevasinya terjaga sesuai dengan rancangan. Ini direncanakan dengan cara menganalisa perilaku operasi embung yang bertujuan membuat keseimbangan antara volume tampungan, debit masukan (*inflow*) dan keluaran (*outflow*).

#### 2.3.1 Persamaan Keseimbangan Air Di Embung

Prinsip dasar daripada suatu operasi embung adalah Persamaan Keseimbangan air pada tampungan embung. Pada dasarnya persamaan keseimbangan air pada tampungan embung merupakan inventaris untuk suatu periode tertentu mengenai banyak air yang masuk ke embung (pertambahan) dan keluar dari embung (pengurangan) serta pengaruhnya terhadap tampungan (status volume air pada tampungan embung). Dalam satuan volume, maka persamaan keseimbangan ini dinyatakan sebagai berikut:

$$S_{t+1} = S_t + I - O \quad (2.1)$$

Dengan  $S_{t+1}$  adalah tampungan pada akhir periode  $t$ ,  $S_t$  adalah tampungan pada awal periode  $t$ ,  $I$  adalah total volume debit *inflow* yang masuk ke embung selama periode  $t$ , dan  $O$  adalah total volume debit *outflow* yang keluar dari embung selama periode  $t$ . Persamaan (1) tersebut dapat diartikan bahwa  $I$  adatatah total volume debit *inflow* yang masuk ke embung,



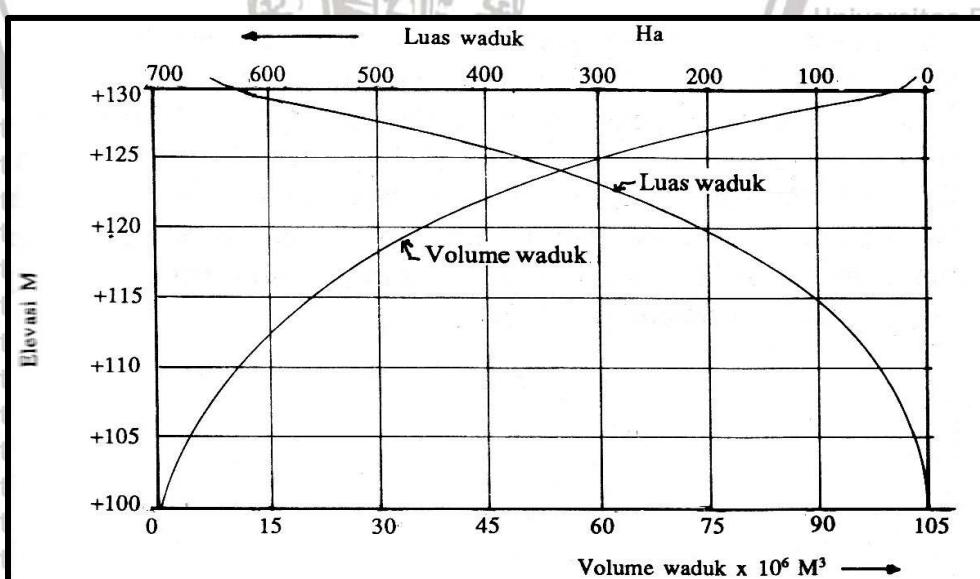
atau bahwa debit *inflow* selain dari sungai (yaitu curah hujan dan aliran bawah permukaan masuk embung) diabaikan besarnya. Demikian pula dapat diartikan bahwa  $O$  adalah total volume debit *outflow* yang keluar dari embung, atau bahwa debit *outflow* selain yang keluar dari bangunan-bangunan pelengkap embung (yaitu evaporasi dan rembesan) diabaikan besarnya. Apabila aliran debit minor ini ikut diperhitungkan, maka Persamaan (2.2) dapat ditulis secara lebih spesifik sebagai berikut:

$$S_{t+1} = S_t + I - R - S_p - L \quad (2.2)$$

Dengan  $R$  adalah volume debit lepasan terkontrol,  $S_p$  adalah volume debit limpahan (tak terkontrol), dan  $L$  adalah total bersih volume debit minor kehilangan yang keluar embung (evaporasi + rembesan - curah hujan di embung - aliran bawah permukaan masuk embung).

### 2.3.2 Lengkung Kapasitas Tampungan

Lengkung kapasitas tampungan (*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 tampungan ini akan diketahui berapa besarnya tampungan pada elevasi tertentu, sehingga dapat ditentukan ketinggian muka air yang diperlukan untuk mendapatkan besarnya volume tampungan pada suatu elevasi tertentu, kurva ini juga dipergunakan untuk menentukan besarnya kehilangan air akibat perkolasasi yang dipengaruhi oleh luas muka air pada elevasi tertentu.



Gambar 2.3 Lengkung Kapasitas Tampungan

Sumber : Sudjarwadi (1988:5)

Dari persamaan lengkung kapasitas tinggi dapat ditentukan tinggi muka air embung dengan persamaan:

$$H = C_h \cdot S^{0,5} \quad (2.3)$$

dengan:

$A$  = luas muka air embung ( $\text{km}^2$ )

$S$  = volume tumpungan total ( $\text{m}^3$ )

$C_h$  = koefesien

Jika kehilangan turut diperhitungkan, kehilangan ini dikalikan luasan untuk mendapatkan volume kehilangan. Persamaan lengkung kapasitas luasan embung dapat dinyatakan:

$$A = C_a \cdot S^{0,5} \quad (2.4)$$

dengan:

$A$  = luas muka air embung ( $\text{km}^2$ )

$S$  = volume tumpungan total ( $\text{m}^3$ )

$C_a$  = koefisien

### 2.3.3 Pola Operasi Embung

Pola operasi embung adalah patokan operasional 15 harian suatu embung dimana debit air yang dikeluarkan oleh embung harus sesuai dengan ketentuan agar elevasinya terjaga sesuai dengan rencana. Pola operasi embung disepakati bersama oleh para pemanfaat air dan pengelola melalui Panitia Tata Pengaturan Air (PTPA). Tujuan dari disusunnya pola operasi embung adalah untuk memanfaatkan air secara optimal demi tercapainya kemampuan maksimal embung dengan cara mengalokasikan secara proporsional sehingga tidak terjadi konflik antar kepentingan. Jenis pola operasi embung Dalam satu tahun dibuat 2 (dua) jenis pola operasi embung yaitu:

- a. Pola Operasi embung musim hujan, berlaku saat pengisian embung (Desember sampai dengan Mei).
- b. Pola operasi embung musim kemarau, berlaku saat pengosongan embung (Juni sampai November)

Pengoperasian embung secara efisien dan optimal merupakan permasalahan yang kompleks karena melibatkan beberapa faktor seperti:

1. Operasional policy, pola kebijakan pengoperasian embung.



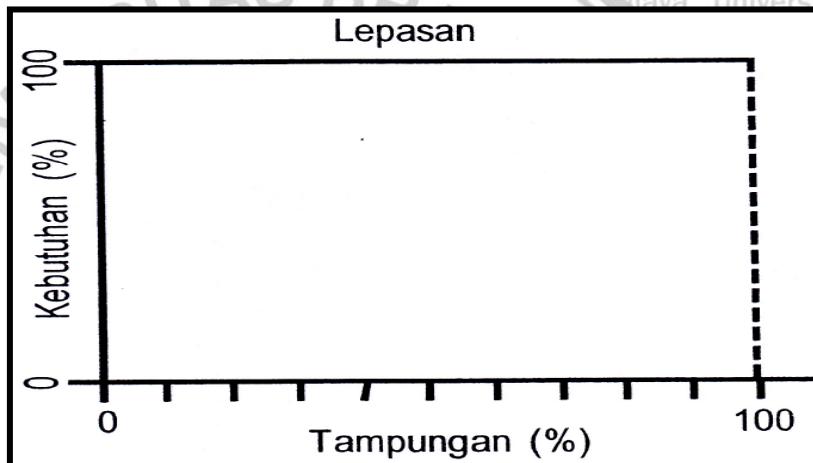


2. Debit *inflow* yang akan masuk ke embung yang tergantung dari ketepatan perencanaan debit yang akan masuk ke embung tersebut.
3. Demand, kebutuhan air untuk irigasi, air baku.
4. Keandalan peralatan monitoring tinggi muka embung, debit aliran dan curah hujan.
5. Kemampuan Operasional.

### 2.3.4 Lepasan Operasi Embung

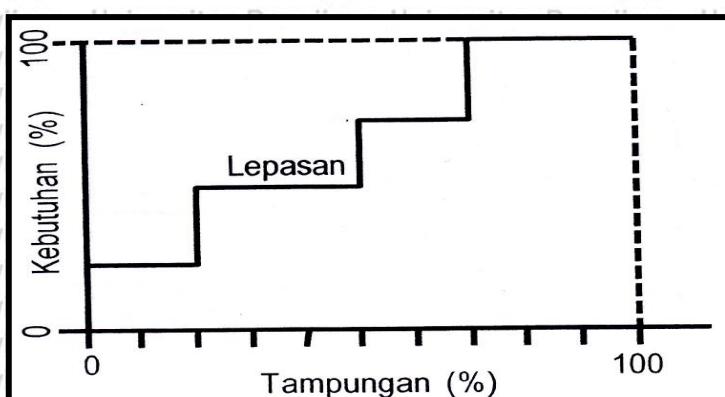
Aturan Lepasan Operasi Embung merupakan pedoman dalam melepaskan jumlah air dari embung untuk memenuhi berbagai kebutuhan sesuai dengan kondisi yang berlaku. Aturan Operasi Embung yang paling sederhana adalah:

"Lepaskan air sesuai dengan kebutuhan selama masih ada air yang tersedia di embung". Dengan kata lain maka lepasan air embung tidak tergantung pada berapa tampungan di embung (volume air yang tersisa di embung), seperti dinyatakan pada gambar berikut.



Gambar 2.4 Lepasan Tak Tergantung Tampungan  
Sumber: Soetopo (2010:13)

Apabila tampungan embung sudah mencapai nilai nol (embung kosong) atau pada operasi minimum (*MOL: minimum operation level*) maka pemenuhan kebutuhan hanya tergantung pada besarnya debit *inflow* ke embung. Lepasan tak tergantung tampungan dapat dilakukan untuk embung dengan debit *inflow* yang relatif konstan besarnya. Untuk embung dengan debit *inflow* yang mempunyai fluktuasi besar, maka akan lebih sesuai untuk menggunakan Aturan Operasi Embung dengan Lepasan yang tergantung tampungan seperti dinyatakan pada gambar berikut.



Gambar 2.5 Lepasan Tergantung Tampungan

Sumber: Soetopo (2010:14)

Pada aturan lepasan yang tergantung tampungan tersebut maka besarnya lepasan diukur dengan prosentase pemenuhan kebutuhan (sumbu tegak) sementara besarnya tampungan diukur dengan prosentase tampungan embung terhadap kapasitas tampungan aktif (sumbu mendatar). Seperti dapat dilihat pada kurva Lepasan pada gambar di atas, maka besarnya lepasan akan semakin kecil apabila tampungan embung semakin kecil pula" dan sebaliknya.

Parameter yang digunakan dalam penerapan pedoman lepasan operasi embung berdasarkan tampungan adalah sebagai berikut:

1. Tampungan Embung (%)

Besarnya tampungan embung diukur dengan prosentase tampungan terhadap kapasitas tampungan aktif

2. Lepasan Kebutuhan (%)

Besarnya pemenuhan diukur dengan melihat kondisi/status tampungan embung. Artinya apabila kondisi tampungan embung menurun maka prosentase lepasan sesuai kebutuhan juga menurun.

Dalam penerapan lepasan berdasarkan tampungan adalah sebagai berikut:

1. Untuk operasi embung aturan lepasan berdasarkan tampungan diterapkan pembatasan minimum tampungan embung.

Tabel 2.1 Lepasan Berdasarkan Tampungan

No. Kisaran	Batas Minimum Tampungan Embung (%)	Lepasan (%)
1	0	10
2	20	40
3	40	75
4	60	90
5	80	100

Sumber: Soetopo (2010:34)



2. Untuk menentukan prosentase pemenuhan kebutuhan, lepasan (%) dapat diganti dengan cara coba-coba. Dalam proses penentuan lepasan dengan coba-coba untuk mempermudah perhitungan dibuat suatu formula dalam simulasi embung. Berikut lepasan berdasarkan Tampungan:

- Jika  $(S_{akhir}) < 20\%$ , maka Lepasan 10%
- Jika  $(S_{akhir}) < 40\%$ , maka Lepasan 40%
- Jika  $(S_{akhir}) < 60\%$ , maka Lepasan 75%
- Jika  $(S_{akhir}) < 80\%$ , maka Lepasan 90% dan  $(S_{akhir}) > 80\%$ , maka Lepasan 100%

Nilai lepasan dapat diganti (coba-coba) untuk kondisi tertentu dengan dasar dan pertimbangan sebagai berikut:

- Kondisi tampungan menurun, maka lepasan juga berkurang.
- Tujuan dari coba-coba lepasan ini adalah untuk mendapatkan kondisi optimal dari berbagai alternatif nilai lepasan yang telah dicoba dalam proses simulasi embung yang akan dipakai sebagai lepasan (%) adalah nilai lepasan dengan hasil limpahan (*spillout*) paling kecil.

3. Untuk operasi embung aturan lepasan berdasarkan tampungan pemenuhan tampungan tidak selalu 100%.

Dengan cara diatas setelah dilakukan beberapa alternatif nilai lepasan (%) maka didapatkan nilai yang optimal.

### **2.3.5 Skenario Pola debit *Inflow* Embung**

Untuk pertimbangan pemakaian debit *inflow* embung terhadap berbagai kemungkinan dari kondisi air lebih sampai dengan air kurang, sehingga kebutuhan air yang disuplai dari embung dapat diperhitungkan atas dasar skenario pola debit inflow andalan, misalnya untuk kondisi basah, tahun normal dan tahun kering.

Skenario pola debit *inflow* dapat membantu dalam evaluasi akibat pengaruh perubahan infrastruktur bangunan air, misalnya penambahan embung, bendung, saluran irigasi/ air baku dan atau pengembangan luas daerah irigasi.

### **2.3.6 Pembangkitan Data *Inflow* Sintetis dengan Metode Thomas–Fiering**

Ada tiga model yang sering dipakai untuk perhitungan hidrologi yaitu model deterministik, probabilistik dan stokastik. Model stokastik bisa mengisi kekosongan antara model deterministik dan probabilistik, yaitu dengan mempertahankan sifat peluang yang ada hubungannya dengan runtun waktu kejadian.

Sedangkan dasar teknik untuk membangkitkan data adalah dasar proses perpanjangan runtun data (*generated*). tujuan prosesnya tidak berubah, dalam arti sifat statistik terhadap runtun data historis tetap atau tidak berubah terhadap waktu, maka sifat kejadiannya dapat atau bisa dipakai dalam Pembuatan runtun data sintetis yang panjang. Adapun kegunaan pembangkitan data debit adalah sebagai berikut:

- a. Bertujuan untuk pemenuhan kebutuhan tampungan embung dengan data sintetis.
- b. Bertujuan untuk membantu dalam perancangan embung karena kekurangan data yang panjang.
- c. Bertujuan untuk melakukan simulasi pola operasi embung.

Pembangkitan data dalam hal ini memerlukan proses dimana kekuatan-kekuatan yang saling bersangkut paut dan menimbulkan pengaruh bertindak menghasilkan suatu rangkaian waktu (*time series*). Proses terbaik adalah yang sesuai dengan karakteristik fisik dari rangkaian waktu tersebut. Sedangkan dari segi pandang stokastik, aliran sungai bisa dipandang dari empat komponen yaitu:

- 1) Komponen kecenderungan (Tt).
- 2) Komponen periodik atau musiman (St).
- 3) Komponen korelasi (Kt).
- 4) Komponen acak (t).

Yang dapat dikombinasikan secara sederhana sebagai berikut:

$$X_t = T_t + S_t + K_t + \epsilon_t$$

Konsep dari metode stokastik adalah pembangkitan data dengan cara mempertahankan karakteristik data debit historis, melalui parameter rerata data, standar deviasi dan koefisien korelasi antar waktu.

Konsep dari metode stokastik adalah pembangkitan data dengan cara mempertahankan karakteristik data debit historis, melalui parameter rerata data, standar deviasi dan koefisien korelasi antar waktu.

Dalam pembangkitan data debit dapat juga digunakan model *Thomas-Fiering*. Model ini dianggap bahwa dalam satu tahun dibagi menjadi 12 bulan. Dengan anggapan bahwa aliran ialah  $X_{1,1}, X_{1,2}, \dots, X_{1,12}, X_{2,1}, \dots, X_{2,12}, \dots, X_{n,1}, \dots, X_{n,12}$ ; contoh : indeks kesatu menyatakan tahun aliran terjadi dan kedua secara siklus dari 1 samapai dengan 12.

Langkah perhitungan:

a. Perhitungan rerata aliran tiap bulan.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, b$$

Dengan :

$\bar{X}$  = debit rata-rata

N = jumlah tahun

b. Perhitungan standar deviasi

$$Sd = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

c. Perhitungan koefisien korelasi antar aliran dalam waktu i, dan waktu i-1

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{i,b} X_{i,b-1} - n\bar{X}_b \bar{X}_{b-1}}{Sd_b Sd_{b-1} (n-1)} \quad (2.4)$$

Persamaan aliran sintetis :

$$q_{1,b} = \bar{X}_b + \frac{r_b Sd_b}{Sd_{b-1}} (q_{1,b} - \bar{X}_{b-1}) + t_{1,b} \cdot Sd_b \cdot \sqrt{1 - r_b^2} \quad (2.5)$$

Dengan:

$q_{1,b}$

= hasil pembangkitan debit untuk bulan b dan tahun ke-I.

$\bar{X}_b, \bar{X}_{b-1}$

= hasil rerata pada bulan b.

$r_b, r_{b-1}$

= hasil korelasi bulan b dan bulan b-1.

$Sd_b, Sd_{b-1}$

= hasil standar deviasi bulan b dan bulan b-1.

$t_{1,b}$

= hasil bilangan random pada bulan b.

$q_{1,b-1}$

= hasil debit pada tahun ke-I dan bulan b.

### 2.3.7 Bilangan Random

Dalam mencari bilangan random, data debit historis dan sintetik dalam urutan dibuat berdasarkan proses acak, dan terletak dalam interval waktu tertentu. Urutan nilai ini biasa disebut rangkaian waktu (*time series*). nilai ke-I dari variabel X, merupakan bagian dari rangkaian waktu jumlah dari 2 komponen.

$$X_i = d_i + e_i \quad (2.7)$$

Komponen deterministik didapat dari nilai parameter serta nilai sebelumnya dari  $X_{i+1}$ ,  $X_{i+2}$  dan seterusnya. Komponen bilangan acak uniform dibuat dengan cara sebagai berikut:

$$T_1 = (u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_{12}) - 6 : dst$$

(2.8)

Dengan :

$t_1$  dan  $t_2$  = bilangan acak normal

$u_1, u_2, u_3$  = bilangan acak uniform



## 2.4 Operasi Embung Yang Optimal

Pengertian optimasi berhubungan erat dengan maksimasi tetapi dengan batasan (*constraint*). Mengoptimumkan identik dengan sumberdaya terbatas. Untuk mengambil manfaat yang sebesar-besarnya, maka embung harus dioperasikan secara optimal. Sudah sejak lama *Rule Curve* merupakan alat yang diperlukan dalam pengoperasian embung. *Rule Curve* yang dihasilkan oleh suatu studi optimasi diasumsikan merupakan panduan operasi embung yang optimal. Pihak UPT Irigasi Lape diharapkan untuk mengikuti *Rule Curve* ini sedekat mungkin, sementara mencoba untuk memenuhi berbagai kebutuhan di wilayah hilir dari embung. Jika tampungan embung cenderung menuju ke sebelah atas dari *Rule Curve*, maka lepasan ditambah besarnya. Sebaliknya jika tampungan embung cenderung menuju ke sebelah bawah dari *Rule Curve*, maka lepasan dikurangi besarnya. Jelasnya bahwa operasi embung yang bersifat deterministik semacam itu menjadi tidak fleksibel apabila menghadapi situasi-situasi tak terduga. Situasi-situasi tak terduga semacam ini terutama bersumber dari sifat fluktuatif seri debit *inflow*.

Operasi embung yang optimal adalah merupakan hasil suatu studi optimasi yang kompleks. Secara umum maka tujuan daripada optimasi operasi embung adalah untuk mencapai salah satu dari yang berikut ini:

- a. Memaksimumkan keuntungan daripada salah satu tujuan embung sementara memenuhi batas persyaratan-persyaratan tertentu untuk masing-masing dari tujuan-tujuan yang lain.
- b. Memaksimumkan total keuntungan daripada semua tujuan-tujuan embung yang bersangkutan, sementara memenuhi batas persyaratan-persyaratan tertentu untuk masing-masing dari semua tujuan-tujuan.
- c. Meminimumkan kerugian daripada salah satu tujuan embung sementara memenuhi persyaratan-persyaratan tertentu untuk masing-masing dari tujuan-tujuan yang lain.
- d. Meminimumkan total kerugian daripada semua tujuan-tujuan embung yang bersangkutan, sementara memenuhi batas persyaratan-persyaratan tertentu untuk masing-masing dari semua tujuan.(Soetopo, 2010).

## 2.5 Analisa Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air adalah jumlah air yang dipergunakan secara wajar untuk keperluan pokok manusia (domestik) dan kegiatan-kegiatan lainnya yang memerlukan air. Pada umumnya banyak diperlukan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Untuk itu dalam sebuah perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih hendaknya dapat dilakukan perkiraan yang mendekati besarnya kebutuhan air sehari-hari.

Pemakaian air oleh masyarakat tidak terbatas pada keperluan domestik, namun untuk keperluan industri dan keperluan perkotaan. Besarnya pemakaian oleh masyarakat dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti tingkat hidup, pendidikan, tingkat ekonomi, dan kondisi sosial. Besarnya kebutuhan air yang digunakan dalam perencanaan diperkirakan berdasarkan kondisi yang ada dan dengan mempertimbangkan kondisi sekitarnya, baik itu keadaan kota, penduduk, dan perkembangannya.

Tabel 2.2 Klasifikasi dan Struktur Kebutuhan Air

No	Parameter	Kota			
		Metro	Besar	Sedang	Kecil
1	Kebutuhan Domestik (tingkat pemakaian air) : * Sambungan Rumah (lt/org/hari) * Kran Umum (lt/org/hari)	190 30	170 30	150 30	130 30
2	Kebutuhan Non Domestik : * Industri (lt/det/ha) - Berat - Sedang - Ringan  * Komersial (lt/det/ha) - Pasar			0.50 - 1.00 0.25 - 0.50 0.15 - 0.25  0.10 - 1.00	
	- Hotel (lt/kamar/hari) - Lokal - Internasional  * Sosial dan Institusi - Universitas (lt/siswa/hari) - Sekolah (lt/siswa/hari) - Masjid (m3/hari/unit) - Rumah Sakit (lt/hari) - Puskesmas (m3/hari/unit) - Kantor (lt/pegawai/hari) - Militer (m3/hari/unit)		400 1000  20 15 1.00 - 2.00 400 1.00 - 2.00 10 10		
3	Kebutuhan Air Rata-rata	Kebutuhan Domestik + Non Domestik			
		Kebutuhan Rata-rata x (1.15 - 1.2)			
		(Faktor Kehilangan Jam Maksimum)			
5	Kehilangan Air : * Kota Metro dan Besar * Kota Sedang dan Kecil	25% x Kebutuhan Rata-rata 30% x Kebutuhan Rata-rata			
6	Kebutuhan Jam Puncak	Kebutuhan Rata-rata x Jam Puncak (156% - 200%)			

Sumber: Departemen PU Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2007.



### **2.5.1 Kebutuhan Domestik**

Kebutuhan domestik merupakan kebutuhan air bersih yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan sambungan kran umum, yang jumlah kebutuhannya ditentukan dari catatan (data) dari kota atau daerah yang bersangkutan berdasarkan karakteristik dan perkembangan konsumen pemakai air bersih. Dalam penggunaan air bersih oleh konsumen rumah tangga tidak hanya terbatas untuk memasak, minum, namun juga hampir untuk setiap aktivitas yang memerlukan air.

Tingkat kebutuhan air untuk keperluan domestik antara satu kota dengan kota yang lain akan sangat berbeda. Semakin besar suatu kota maka tingkat kebutuhan air juga akan semakin besar, demikian pula semakin modern suatu masyarakat maka akan konsumsi airnya juga akan semakin besar.

### **2.5.2 Kebutuhan Non Domestik**

Kebutuhan non domestik merupakan kebutuhan air bersih selain untuk keperluan rumah tangga dan sambungan kran umum, seperti penyediaan air untuk sarana sosial, tempat ibadah, sekolah, rumah sakit, asrama dan juga untuk keperluan komersil, seperti industri, hotel, perdagangan, pelabuhan, serta untuk pelayanan jasa umum. Untuk kota kecil dan sedang, konsumsi air untuk keperluan non domestik tidak seberapa besar seperti pada kota besar. Kebutuhan air untuk keperluan ini dapat mencapai 5-20% dari kebutuhan domestik.

### **2.5.3 Perhitungan Proyeksi Penduduk**

Proyeksi penduduk pada studi ini direncanakan sampai dengan 20 tahun yang akan datang. Untuk perhitungan proyeksi penduduk digunakan Metode Geometri yang sudah umum digunakan. Adapun pada metode ini pertumbuhan rata-rata penduduk berkisar pada persentase pertumbuhan jumlah penduduk ( $r$ ) yang konstan setiap tahun. Nilai  $R$  didapat dari data Badan Pusat Statistik (BPS).

Perhitungan dengan metode ini dapat dirumuskan sebagai berikut (Punmia, 1987):

$$P_n = P_0 (1+r)^n \quad (2.9)$$

dengan:

$P_n$  = Jumlah penduduk yang diperkirakan pada tahun ke- $n$   
 $P_0$  = Jumlah penduduk pada akhir tahun data

$r$  = Persentase Jumlah pertumbuhan penduduk tiap tahun

#### 2.5.4 Perhitungan Kebutuhan Debit Air Baku Penduduk

Maksud perhitungan ini adalah dengan mencari kebutuhan debit pada tahun yang maksud dengan jumlah penduduk yang sudah diperkirakan. Proyeksi kebutuhan debit ini dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kebutuhan Debit} = \frac{(Ka \times Po)}{86400} \quad (2.10)$$

dengan  $Ka$  = kebutuhan air per jiwa

$Po$  = Jumlah penduduk tahun n

$86400$  = angka konversi dari hari ke detik

#### 2.5.5 Perhitungan Kebutuhan Debit Fasilitas Umum, Kebocoran, Hidran dan Kebutuhan Air Baku Total

Diperkirakan rata-rata penggunaan air untuk fasilitas umum sekitar 10%-15% dari penggunaan air untuk satu rumah tangga (Smet Jo, 2002). Kebutuhan air bersih domestik merupakan jumlah dari kebutuhan air rumah tangga penduduk, kebutuhan air untuk fasilitas umum, hidran, dan kebocoran. Untuk mendapatkan kebutuhan air rumah tangga penduduk, dipakai perhitungan sebagai berikut:

- Kebutuhan air penduduk

= 300 liter/rumah tangga/hari

- Diasumsikan dalam satu rumah tangga terdiri dari 5 (lima) anggota,

sehingga kebutuhan air penduduk =  $300/4 = 130$  liter/kapita/hari.

- Kebutuhan air untuk fasilitas umum

=  $\text{jumlah penduduk} \times 130/\text{liter/kapita/hari}$   
 $= \text{debit (l/hari)}$   
 $= 10\% \times \text{kebutuhan air penduduk}$

- Kebutuhan air untuk kebocoran

=  $20\% \times \text{kebutuhan air penduduk}$

- Kebutuhan air untuk hidran

=  $20\% \times \text{kebutuhan air penduduk}$   
 $= \text{debit (l/hari)}$

- Kebutuhan air Total

=  $20\% \times \text{kebutuhan air penduduk}$

- Kebutuhan air penduduk + fasilitas umum + kebocoran + hidran

=  $\text{debit (l/hari)}$

- Kebutuhan air bersih =  $\text{Kebutuhan air Total} / (60 \times 60 \times 24)$

=  $\text{debit (l/detik)}$

### 2.5.6 Analisa Debit Andalan Metoda NRECA

Model yang cukup sederhana untuk pengembangan model hujan aliran adalah model NRECA. Untuk menyederhanakan pemahaman model NRECA dapat dijelaskan dengan skema di berikut:



Gambar 2.6 Skema bagan struktur model NRECA  
Crawford:1985

Secara garis besar parameter spesifik DAS yang digunakan pada NRECA formulasinya sama seperti hujan rerata DAS, evapotranspirasi dan perkolasi, sedangkan prinsip perhitungan mempunyai urutan sendiri.

Metode yang digunakan dalam perhitungan ketersediaan air pada pekerjaan ini adalah Metode NRECA. Secara umum persamaan dasar dari model ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Q = P - E + S \quad (2.11)$$

dengan:

$Q$  = limpasan (mm)

$P$  = hujan rata-rata DPS (mm)

$E$  = evapotranspirasi aktual (mm)

$S$  = perubahan kandungan (mm)

Persamaan keseimbangan air diatas merupakan dasar dari model NRECA untuk suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) pada setiap langkah waktu, dimana hujan, evapotranspirasi aktual dan limpasan adalah volume yang masuk kedalam dan keluar disuatu DAS setiap waktu tertentu.

Dalam model NRECA terdapat dua tampungan yaitu tampungan kelengasan (moisture storage) dan tampungan air tanah (*groundwater storage*). Tampungan kelengasan ditentukan

oleh hujan dan evapotranspirasi aktual. Sedangkan tampungan air tanah ditentukan oleh kelebihan kelengasan (*excess moisture*). Secara skematis, diagram dari model hujan-limpasan NRECA disajikan pada Gambar 2.5.

Perhitungan limpasan model NRECA dibagi menjadi dua bagian yaitu perhitungan limpasan langsung (*direct run-off*) dan air tanah yang menuju ke sungai (*groundwater*).

Urutan langkah perhitungan untuk limpasan setengah bulanan adalah sebagai berikut:

1. Nama bulan mulai Januari sampai Desember.
2. Nilai hujan rata-rata setengah bulanan (Rb).
3. Nilai penguapan peluh potensial (PET).
4. Nilai tampungan kelengasan awal (Wo). Nilai ini harus dicoba-coba dan diambil nilai pertama 300 mm/bulan pada bulan Januari I.
5. Tampungan kelengasan tanah (*soil moisture storage*- Wi) dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Wi} &= \text{Wo/NOMINAL} \\ \text{NOMINAL} &= 100 + 0,2 \text{ Ra} \\ \text{Ra} &= \text{hujan tahunan (mm)} \end{aligned}$$

6. Rasio Rb/PET = kolom (2) : kolom (3)
7. Rasio AET/PET

AET = penguapan peluh aktual yang dapat diperoleh dari Zgrafik, nilainya tergantung dari rasio Rb/PET (kolom 6) dan Wi (kolom 5).

8.  $\text{AET} = (\text{AET}/\text{PET}) \times \text{PET} \times \text{koefisien reduksi}$   
= kolom (7) × kolom (3) × koefisien reduksi

9. Neraca air = Rb - AET = kolom (2) - kolom (8)

10. Rasio kelebihan kelengasan (*excess moisture*) dapat diperoleh dengan cara berikut:

(i) bila neraca air (kolom 9) positif, maka rasio tersebut dapat diperoleh dari grafik dengan memasukkan nilai tampungan kelengasan tanah (Wi) pada (kolom 5).

(ii) bila neraca air negatif, rasio = 0

11. Kelebihan kelengasan  
= rasio kelebihan kelengasan × neraca air

= kolom (10) × kolom (9)

12. Perubahan tampungan

= neraca air - kelebihan kelengasan

= kolom (9) - kolom (11)



13. Tampungan air tanah =  $P_1 \times$  kelebihan kelengasan

$$= P_2 \times \text{kolom (11)}$$

$P_1$  = Parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (kedalaman 0-2 m), nilainya 0,1 – 0,5 tergantung pada sifat lulus air lahan.

$P_1$  = 0,1 bila bersifat kedap air; = 0,5 bila bersifat lulus air.

14. Tampungan air tanah awal harus dicoba-coba dengan nilai awal = 2

15. Tampungan air akhir = tampungan air tanah + tamp. air tanah awal

$$= \text{kolom (13)} + \text{kolom (14)}$$

16. Aliran air tanah =  $P_2 \times$  tampungan air tanah akhir

$$= P_2 \times \text{kolom (15)}$$

$P_2$  = Parameter seperti  $P_1$  tetapi untuk lapisan tanah dalam (kedalaman 2 – 10 m)

$P_2$  = 0,9 bila bersifat kedap air; = 0,5 bila bersifat lulus air

17. Aliran langsung (*direct run-off*) = kelebihan kelengasan-tampungan air tanah

$$= \text{kolom (11)} - \text{kolom (13)}$$

18. Aliran total = Aliran langsung + aliran air tanah

$$= \text{Kolom (17)} + \text{kolom (16)}, \text{ dalam (mm/15 harian)}$$

Dalam  $\text{m}^3/15$  harian = kolom (18) dalam  $\text{mm} \times 10 \times$  luas tada hujan dalam satuan hektar.

Untuk perhitungan bulan berikutnya diperlukan nilai tampungan kelengasan (kolom 4) untuk bulan berikutnya dan tampungan air tanah (kolom 14) bulan berikutnya yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

(i) Tampungan kelengasan = tampungan kelengasan bulan sebelumnya + perubahan tampungan = kolom (4) + kolom (12), semuanya dari bulan sebelumnya.

(ii) Tampungan air tanah = tampungan air tanah bulan sebelumnya - aliran air tanah = kolom (15) - kolom (16), semuanya dari bulan sebelumnya.

Sebagai patokan di akhir perhitungan, nilai tampungan kelengasan awal (Januari) harus mendekati tampungan kelengasan bulan Desember. Jika perbedaan antara keduanya cukup jauh (>200 mm) perhitungan perlu diulang mulai bulan Januari lagi dengan mengambil nilai tampungan kelengasan awal (Januari) = tampungan kelengasan bulan Desember.

Perhitungan biasanya diselesaikan dalam 2 kali jalan.

Kalibrasi terhadap parameter Nreca yang digunakan perlu dilakukan agar hasil perhitungan debit dengan metoda ini dapat mewakili kondisi aktual seperti di lapangan (dibandingkan dengan debit hasil pengukuran hidrometri yang diperoleh dari data sekunder).



Debit aliran sungai ini kemudian dikalibrasi dengan debit hasil pengamatan (Data debit AWLR) dan dihitung korelasi dan volume errornya. Jika Nilai Korelasi ( $R$ )  $> 0,7$  maka data debit observed dan debit Nreca masih memiliki keterkaitan.

## 2.6 Analisa Kebutuhan Air Tanaman

### 2.6.1 Kebutuhan Air Irrigasi

Kebutuhan air untuk tanaman ditentukan oleh faktor-faktor berikut:

- a. Penyiapan lahan
- b. Penggunaan konsumtif
- c. Perkolasi dan rembesan
- d. Penggantian genangan air
- e. Efisiensi irigasi
- f. Curah hujan efektif.

### 2.6.2 Penyiapan Lahan

Air diperlukan selama fase penyiapan lahan untuk mempermudah pembajakan dan menyiapkan kelembaban tanah guna pertumbuhan tanaman. Untuk produksi padi, perhitungan kebutuhan air irrigasi selama penyiapan lahan digunakan Metode *Van De Goor/Zijlstra* (1968). Metode tersebut pada kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah, yang sudah dijenuhkan selama periode penyiapan lahan 30 hari, dengan tinggi genangan air 250 mm atau 8.33 mm/hari (berdasarkan perencanaan tanpa Bero - KP 01).

Nilai rata untuk Indonesia diperoleh berdasar persamaan sebagai berikut:

$$IR = M \times ek / (ek - 1) \quad (2.12)$$

dengan:

$IR$  = kebutuhan air di sawah (mm/hari)

$M$  =  $E_0 + P = (1,1 ET_0 + P)$  (mm/hari), ini adalah kebutuhan air puncak (evaporasi + perkolasi)

$k$  =  $MT / S$

$T$  = jangka waktu penyiapan lahan (hari)

$S$  = kebutuhan air untuk penjenuhan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan palawija berbeda dengan kebutuhan untuk tanaman padi. Biasanya untuk tanaman palawija disediakan air 75 mm setelah pembajakan. Pada kasus dengan tipe tanah lempung (*clay*) sangat kering, sehingga air irrigasi 75 mm digunakan untuk pembajakan.

### 2.6.3 Penggunaan Konsumtif (*Consumptive Use*)

Penggunaan konsumtif (kebutuhan air tanaman) adalah sejumlah air yang dibutuhkan untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan. Air dapat menguap melalui permukaan air maupun melalui daun-daunan tanaman. Bila kedua proses penguapan tersebut terjadi bersama-sama, terjadilah proses evapotranspirasi, yaitu gabungan antara penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan melalui tanaman (transpirasi). Dengan demikian besarnya kebutuhan air tanaman adalah sebesar jumlah air yang hilang akibat proses evapotranspirasi.

Penggunaan konsumtif adalah kebutuhan air aktual. Penggunaan konsumtif dihitung dengan persamaan:

$$ET_c = k_c \times E_t \quad (2.13)$$

dengan:

$ET_c$  = penggunaan konsumtif (mm/hari)

$E_t$  = evapotranspirasi potensial (mm/hari), besarnya dihitung dengan metoda Pennman

$k_c$  = koefisien tanaman, yang besarnya tergantung pada jenis, macam dan umur tanaman

Evapotranspirasi untuk tanaman (rumput pendek) ET telah dihitung dengan metoda Penman Modifikasi yang didefinisikan oleh *Food Algiculture organization* (FAO), menggunakan data klimatologi dari stasiun terdekat dari daerah aliran sungai.

Tabel 2.3 Koefisien Tanaman

Periode Setengah Bulanan	P a d i		Palawija		
	15 Des s/d 14 Feb	15 Apr s/d 15 Juni	Kedelai	Jagung	Kc.Tanah
1	1.10	1.10	0.40	0.20	0.50
2	1.10	1.10	0.61	0.40	0.51
3	1.10	1.10	0.97	0.85	0.66
4	1.10	1.10	1.00	0.90	0.85
5	0.95	1.00	1.00	0.60	0.95
6	0.95	1.00	0.73	0.20	0.95

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi, Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01, 2013

Evapotranspirasi untuk tanaman (rumput pendek) ET dapat dihitung dengan Metoda Penman, berdasar data klimatologi setempat.

### 2.6.4 Perkolasi dan Infiltrasi

Infiltrasi merupakan proses masuknya air dari permukaan tanah ke dalam tanah (daerah tidak jenuh). Sedangkan perkolasi adalah masuknya air dari daerah tidak jenuh ke dalam daerah jenuh. Pada proses ini air tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Untuk tujuan

perencanaan, tingkat perkolasi standar 1,0-3,0 mm/hari) dipakai untuk mengestimasi kebutuhan air pada daerah produksi padi. Pada studi ini perkolasi diambil 3,0 mm.

### **2.6.5 Penggantian Genangan Air**

Saat memproduksi padi, untuk pemupukan dan pelaksanaan penyiraman, digunakan praktek penurunan muka air di sawah. Berdasar perlakukan ini, lapisan air harus diganti. Untuk menghitung praktek penggantian tersebut, suatu cadangan sebesar 50 mm (3,33 mm/hari) telah dibuat pada setiap tengah bulanan kedua dan keempat, yaitu setelah pemindahan (*transplanting*). Kebutuhan ini tidak berlaku untuk tanaman palawija sehubungan dengan praktek kultural yang berbeda.

### **2.6.6 Efisiensi Irrigasi**

Efisiensi irrigasi digunakan untuk menentukan efektivitas dari sistem irrigasi dan pengelolaannya dalam memenuhi permintaan penggunaan konsumtif (evapotranspirasi) tanaman selama pertumbuhan. Variasi temporer pada kebutuhan-kebutuhan ini terjadi selama produksi tanaman dan analisis beberapa proyek pada banyak lokasi juga menyatakan bahwa efisiensi irrigasi juga bervariasi bergantung pada tahap pertumbuhan tanaman, yang berbeda halnya dengan kondisi klimatologi.

### **2.6.7 Hujan Efektif**

Data untuk memperoleh hujan efektif diperoleh dari pencatatan data stasiun yang terdekat. Hujan bulanan dalam perhitungan ini dibagi menjadi 2 kondisi:

Masa persiapan lahan

$$\text{Hujan Efektif} = 0.7 \times R_n$$

Masa pertumbuhan

$$\text{Hujan Efektif} = 0.7 \times R_n$$

## **2.7 Neraca Air**

Analisis neraca air sangat terkait dengan sifat dari sumber daya air yang selalu berubah-ubah menurut waktu, ruang, jumlah dan mutu. Oleh karena itu, pada setiap daerah akan memiliki karakteristik yang khas.

Perhitungan neraca air dilakukan dengan didasarkan pada perbandingan antara ketersediaan air permukaan dengan memperhatikan adanya titik-titik pengambilan (misalnya: bendung atau embung) dengan total kebutuhan air di wilayah yang dilayani, dengan belum memperhitungkan adanya optimasi pemanfaatan jika terjadi defisit air.

Langkah-langkah analisis keseimbangan air dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menghitung ketersediaan air pada masing-masing DAS yang akan melayani wilayah administrasi tertentu sebagai titik-titik pusat kebutuhan yang juga dihitung kebutuhan airnya.

2. Menghitung keseimbangan air antara titik-titik kebutuhan dengan wilayah-wilayah DAS yang melayaninya.

3. Melakukan proyeksi terhadap kebutuhan sehingga dapat diperkirakan kebutuhan air di masa yang akan datang.

Dari hasil perhitungan neraca air, kebutuhan pengambilan yang dihasilkan untuk air baku akan dibandingkan dengan debit andalan untuk tiap bulan dan jumlah penduduk yang dilayani, jatah debit air dan pola pengaturan rotasi. Apabila debit sungai melimpah, maka jumlah penduduk yang dilayani adalah tetap karena jumlah penduduk yang dilayani dengan proyek yang akan direncanakan sesuai dengan rencana. Jika debit sungai kurang maka terjadi kekurangan debit, maka ada tiga pilihan yang perlu dipertimbangkan sebagai berikut:

1. Jumlah penduduk yang dilayani dikurangi
2. Daerah layanan air baku tetap tetapi ada suplesi dari embung lain.
3. Rotasi teknis/golongan.

## 2.8 Model Hidrologi Matematik

Dalam perencanaan bangunan air yang memerlukan data yang banyak masih sering ditemukan banyak kendala, seperti sulitnya para teknisi mengumpulkan data debit sungai berupa deret angka yang cukup panjang.

Walaupun demikian dari pencatatan curah hujan harian yang relatif mudah dapat ditentukan debit harian. Hal ini dapat ditempuh dengan cara simulasi yang menggunakan model matematik. Dengan cara tersebut kita bahkan dapat meramal kedepan dalam hal deret data debit bulanan berdasarkan deret data debit bulanan masa lampau. Peramalan debit tersebut diperlukan dalam membuat pola eksplorasi embung untuk tahun berikutnya (Soemarto, 1987:439). Dalam studi ini menggunakan Model matematik Stokastik.

Jadi ada diantara variabel-variabel acak (*random*) yang mempunyai distribusi dalam probabilitas maka model tersebut dinamakan model stokastik. Dalam kelompok stokastik variabel-variabel hidrologi yang digunakan lebih ditekankan ketergantungan kepada waktu.

Berikut merupakan karakteristik dari model stokastik:

1. Bergantung pada peluang
2. Bergantung pada waktu
3. Ada unsur random (acak)
4. Perubahan variabel (merupakan faktor peluang)
5. Mempunyai kecenderungan (*trend*)



## 2.9 Arti dan Lingkup Simulasi Stokastik

Sebagian besar dari sistem-sistem itu bersifat probabilistik (Watson & Blackstone, 1989). Model-model simulasi untuk sistem-sistem yang bersifat probabilistik adalah model-model simulasi stokastik. Jika suatu sistem mendapat masukan berupa kajian-kajian input yang acak, atau membangkitkannya secara internal, maka model tersebut dikatakan sebagai stokastik, paling tidak secara parsial (Loucksdkk, 1981). Seperti halnya dengan model-model optimasi, maka model-model simulasi dapat bersifat deterministik maupun stokastik, yang tergantung dari pada situasi yang dihadapi. Jadi dalam kondisi tertentu modal semacam itu akan berlaku sebagai model deterministik, sementara dalam kondisi yang lain model akan berlaku sebagai model stokastik.

Simulasi bukanlah suatu prosedur optimasi (Loucksdkk, 1981), melainkan lebih condong merupakan prosedur yang cepat untuk megevaluasi kinerja yang diharapkan dari suatu sistem. Algoritma Genetik (*Genetic Algorithm*) merupakan salah satu prosedur simulasi stokastik yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan optimasi.

## 2.10 Analisa Sistem

Suatu pendekatan yang rasional, efisien dan sistematik untuk mencapai suatu keputusan yang terbaik bagi suatu sistem berdasarkan informasi yang ada, dikenal sebagai analisa sistem (Gunawan 2002).

Dalam analisa sistem ada berbagai teknik penyelesaian masalah dan pengambilan keputusan diantaranya yang bisa digunakan dalam sumber daya air adalah teknik simulasi dan teknik optimasi (Goulter, 1981). Teknik simulasi adalah suatu metode kuantitatif yang menggambarkan kelakuan dari suatu sistem yang dipergunakan untuk memperkirakan keluaran sistem dari masukan yang telah ditentukan (Busar, 1975). Sedangkan teknik optimasi adalah proses yang sistematik untuk memperoleh hasil yang terbaik/optimal (Rao, 1978).

Peran analisa sistem dapat dirumuskan sebagai upaya untuk memberikan suatu pendekatan secara kuantitas dan alamiah untuk menyediakan dasar-dasar yang rasional dalam pengambilan keputusan, sehingga didapatkan hasil yang optimal pada sistem sumber daya air yang kompleks dari sejumlah variabel pengambilan keputusan (*decision variable*) dan batasannya (*constraints*).



## 2.11 Simulasi dan Tujuan Operasi Embung

Pada dasarnya operasi embung (*reservoir operation*) adalah proses penampungan aliran air sungai ke dalam sebuah embung (*reservoir*) dan pelepasan daripada air yang telah ditampung tersebut untuk berbagai tujuan tertentu (Soetopo, 2010).

Dalam permasalahan pendayagunaan sumberdaya air, simulasi merupakan suatu teknik permodelan untuk menirukan perilaku suatu sistem ke dalam suatu model. Model simulasi digunakan untuk mengevaluasi apa yang akan terjadi di dalam sistem jika diberikan masukan – masukan tertentu. Dengan demikian pola pengelolaan sistem dapat dievaluasi dengan mempelajari perilaku sistem terhadap masukan berbagai skenario pada sistem. Akan tetapi, perlu diketahui bahwa simulasi bukan merupakan prosedur optimasi (Loucks dkk, 1981), namun untuk menentukan tingkat keandalan/ kegagalan terhadap perilaku pengoperasian diperlukan simulasi operasi embung.

Metode Simulasi ada beberapa tipe, diantaranya (Hall, 1975):

1. Simulasi dalam bentuk fisik, misalnya model skala fisik hidrolik.
2. Simulasi rangkaian dalam bentuk *analog*, misalnya model simulasi yang mewakilkan dengan bentuk rangkaian listrik.
3. Simulasi dalam bentuk digital, yaitu dengan menggunakan persamaan matematis, misalnya hukum keseimbangan air untuk simulasi embung.

Simulasi digunakan untuk mengevaluasi hasil pola pengoperasian embung (data debit eksisting, SOP, *Rule Curve – outflow*, maupun *Rule Curve – Elevasi*). Tinjauan kegagalan atau keberhasilan pengoperasian tersebut dievaluasi dengan simulasi melalui kajian tentang unjuk kerja (*performance*) dari embung. Unjuk kerja yang dianalisis adalah keandalan (*reliability*), kelentongan (*resiliency*), kerawanan (*vulnerability*).

Simulasi operasi embung bertujuan untuk meninjau sejauh mana tingkat keandalan atau kegagalan yang terjadi dari perilaku sistem pengoperasian embung dalam memenuhi kebutuhan pelayanannya. Model simulasi akan menganalisis probabilitas keandalan atau kegagalan rencana operasi yang telah ditetapkan. Kegagalan tersebut muncul akibat penyederhanaan masukan stokastik menjadi deterministik. Prinsip dasar simulasi merupakan pengembangan dari persamaan kontinuitas, yaitu:

$$\text{Inflow} - \text{outflow} = \frac{dt}{ds} \quad (2.14)$$

Dengan:

*Inflow* = aliran masuk (juta m<sup>3</sup>/bulan), merupakan data debit historis.

*Outflow* = aliran keluar (juta m<sup>3</sup>/bulan), merupakan pengalihragaman *inflow* untuk memenuhi kebutuhan.

$dt/ds$  = perubahan tampungan terhadap waktu.

Beberapa pendekatan simulasi embung dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Simulasi berdasarkan data debit *inflow* historis dan diasumsikan sudah mewakili proses yang sebenarnya.
2. Kehilangan air bulanan (evaporasi dan rembesan) merupakan fungsi dari luas genangan embung.
3. Tampungan pada awal tahun pengoperasian embung dianggap penuh (McMahon dan Mein, 1978).
4. Volume tampungan awal tahun pengoperasian dan volume tampungan akhir tahun pengoperasian diasumsikan sama,  $S_0 = S_{12}$  (Wurbs, 1996).
5. Tampungan embung di akhir bulan tidak diperkenankan kurang dari kapasitas minimum dan melebihi kapasitas maksimum.
6. Air yang melimpas melalui bangunan pelimpah tidak diperhitungkan sebagai sumberdaya yang dapat dimanfaatkan atau diasumsikan sebagai kelebih (Martsanto, 1990).
7. Hukum kesetimbangan air embung adalah:

$$It = RLt + Let + SPt + St - St - 1 \quad (2.15)$$

$$S_0 (\text{awal}) = S_{12}$$

dimana :

$It$  = debit *inflow* embung pada bulan ke – t (juta m<sup>3</sup>/tahun)

$RLt$  = *release* embung pada bulan ke – t (juta m<sup>3</sup>/bulan)

$Let$  = limpasan yang terjadi pada bulan ke – t (juta m<sup>3</sup>/bulan)

$SPt$  = kehilangan air embung pada akhir bulan ke – t (juta m<sup>3</sup>/bulan)

$St - 1$  = tampungan embung awal bulan ke – t (juta m<sup>3</sup>/bulan)

$t = 1, 2, 3, \dots, 12$

### 2.11.1 Fungsi Tujuan

Permasalahan dalam mengoperasikan *multipurpose dams* adalah berapa besar debit air yang harus dilepaskan dari embung agar hasil yang didapatkan optimal dalam satu siklus operasi. Permasalahan tersebut dapat disusun menjadi suatu rangkaian tahap pengambilan keputusan, yaitu berapa jumlah air yang harus dilepas pada setiap tahap untuk mendapatkan hasil yang optimal dari suatu fungsi tujuan dalam satu siklus operasi. Hal ini dapat dipakai

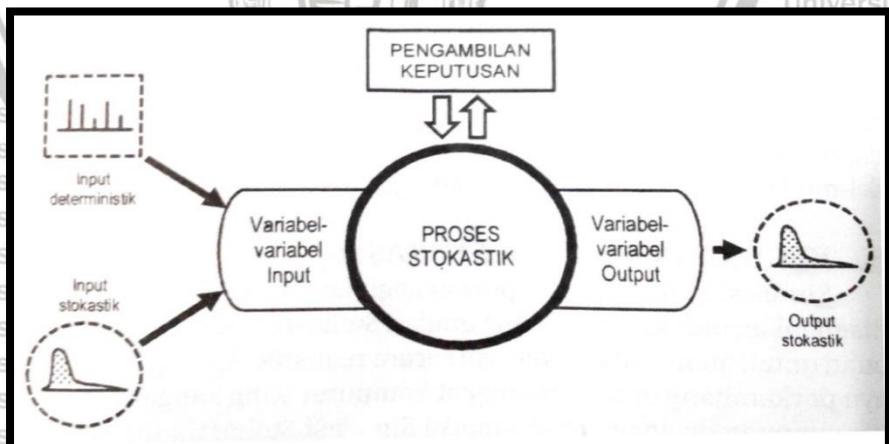


sebagai bahan dalam rangka mengambil suatu keputusan untuk melepaskan sejumlah air pada tahap tertentu. Maksimum atau minimum optimasi dilakukan pada setiap tahapan, yang berarti memaksimumkan atau meminimumkan fungsi tujuan pada masing-masing tahap sehingga didapatkan hasil yang optimal sesuai fungsi tujuan dalam satu siklus.

Apabila waktu setahun mencerminkan satu siklus operasi dan satu bulan merupakan satu tahap, maka permasalahan optimasi embung dapat diuraikan menjadi optimasi fungsi tujuan bulanan untuk mendapatkan hasil tahunan yang optimal. Fungsi tujuan optimasi dari setiap embung dapat berbeda tergantung dari permasalahan yang ada. Bila terdapat kekurangan pada suatu waktu dan kelebihan pada waktu yang lain, agar air yang dilepaskan terus mendekati kebutuhan, maka optimasi pada embung tersebut menggunakan tujuan minimum kekurangan (*minimum shortage*). Fungsi tujuan mempengaruhi bentuk fungsi return ( $r_i(x_i)$ ) pada persamaan rekursif. Persamaan rekursif adalah persamaan matematis yang menentukan keputusan optimal untuk setiap *state* pada *stage* ( $n$ ) dengan diketahuinya keputusan optimal setiap *state* pada *stage* ( $n+1$ ).

### 2.11.2 Model Simulasi Stokastik

Model-model stokastik mempunyai *output* yang bersifat acak tidak secara parsial (May & Tung, 1992). Sementara input dari model-model stokastik dapat dianggap sebagai Proses Stokastik dengan lingkup yang lebih besar yang mengandung komponen pengambilan keputusan. Jadi proses didalam model itu sendiri adalah proses stokastik yang berinteraksi dengan komponen pengambilan keputusan. Secara umum maka model stokastik dapat di ilustrasikan sebagai gambar berikut ini.



Gambar 2.7 Model Stokastik  
Sumber: Soetopo, 2012:3

Jadi karena mengandung proses stokastik didalamnya, maka suatu model stokastik juga akan menghasilkan runtun waktu sebagai salah satu dari outputnya.

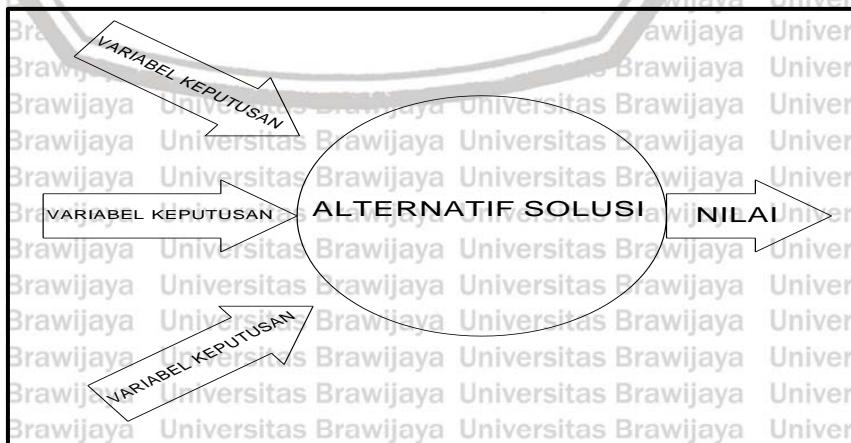
### 2.11.3 Kegunaan Simulasi Stokastik

Simulasi stokastik mempunyai kegunaan yang sangat luas. Hal ini disebabkan oleh karena model simulasi stokastik mempunyai kemampuan untuk menirukan sistem rill secara realistik. Apabila dengan pesatnya perkembangan darri perangkat komputer yang sangat mendukung kemampuan dari pada model-model simulasi stokastik ini. Khususnya dalam sistem sumberdaya air, simulasi stokastik mempunyai berbagai kegunaan sebagai berikut:

- a. Menentukan tingakat keandalan sistem Sumber Daya Air (SDA). Misalnya nilai tingkat keandalan dari suatu aturan operasi embung dapat dihitung berdasarkan runtun waktu yang dihasilkan oleh model simulasi stokastik.
- b. Melakukan analisa resiko. Misalnya nilai resiko daripada suatu proyek pengendali banjir dapat dihitung berdasarkan runtun waktu yang dihasilkan oleh model simulasi stokastik.
- c. Membangkitkan seri sintesis. Runtun waktu sintesis yang dihasilkan oleh model-model simulasi stokastik dapat berupa nilai-nilai hujan ataupun debit, berdasarkan dari runtun yang berasal dari data tercatat ataupun runtun waktu keluaran dari model-model simulasi deterministik. Nilai-nilai data sintesis ini selanjutnya dapat digunakan sebagai input pada model-model evaluasi sistem SDA.
- d. Melakukan optimasi. Dalam hal ini maka solusi yang dihasilkan akan cenderung merupakan solusi yang mendekati optimal (near-optimal), yang dalam kebanyakan kasus sudah cukup memuaskan. Apalagi jika model-model optimasi analitik seperti Program Linier atau Program Dinamik ternyata tidak mungkin untuk diterapkan.

### 2.11.4 Model Optimasi Secara Umum

Secara umum model Optimasi adalah suatu proses pemilihan alternatif solusi yang terbaik di antara sejumlah alternatif-alternatif solusi yang tersedia. Adapun suatu alternatif solusi dapat diilustrasikan seperti gambar 2.8. berikut ini:



Gambar 2.8 Alternatif Solusi

Sumber: Soetopo, 2012:71

Jadi suatu alternatif solusi menerima input berupa sejumlah nilai-nilai daripada variable keputusan (*Decision Variable*) dan menghasilkan suatu nilai output yang merupakan ukuran kinerja daripada alternatif solusi yang bersangkutan. Nilai output bisa merupakan keuntungan (misalnya produksi PLTA, produksi daerah irigasi, Maupun Air Baku) ataupun merupakan kerugian (misalnya kerusakan akibat banjir). Ada 3 Optimasi yaitu Optimasi dengan *Random Search*, Optimasi dengan *Simulated Annealing* dan Optimasi dengan Algoritma Genetik (AG).

#### **2.11.5 Optimasi dengan Algoritma Genetik (AG)**

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

#### **2.11.6 Model Optimasi Algoritma Genetik**

Model AG berpusat pada struktur daripada kromosom yang mewakili alternatif solusi. Jadi sebuah kromosom merupakan sekumpulan variabel-variabel keputusan sebagai gambar berikut:

VAR-1	VAR-2	VAR-3	VAR-4	VAR-P
-------	-------	-------	-------	-------

Gambar 2.9 **Kromosom sebagai Alternatif Solusi**

Sumber: Soetopo W, 2012:85

Sebuah alternatif solusi mempunyai nilai kinerja. Karena sebuah kromosom itu adalah juga merupakan alternatif solusi, maka setiap kromosom mempunyai nilai kinerja. Karenanya model optimasi AG bertujuan untuk mendapatkan kromosom terbaik yang mempunyai nilai kinerja terbaik pula.

Model optimasi AG adalah proses optimasi yang secara iteratif mengembangkan suatu populasi daripada kromosom-kromosom (alternatif-alternatif solusi) sehingga tercapailah suatu populasi homogen daripada kromosom (alternatif solusi) yang terbaik. Pada contoh kasus ini maka besarnya populasi kromosom itu ditetapkan sebanyak 780 buah kromosom. Secara garis besar maka proses pengembangan populasi kromosom dengan cara AG itu terdiri dari pada 3 komponen berikut ini:

1. Reproduksi

2. Crossover

3. Mutasi

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. Pada contoh kasus ini, maka proses seleksi adalah memilih 40 kromosom terbaik (berdasarkan nilai kinerja tiap kromosom) dari populasi kromosom sebesar 780. Jadi besarnya (setiap) generasi turunan berikutnya adalah sebanyak 40 kromosom.

*Crossover* adalah persilangan diantara kromosom-kromosom yang ada pada suatu generasi turunan. Hasil persilangan ini membentuk populasi dari generasi berikutnya (yang dalam contoh kasus ini sebanyak 780 kromosom). Pada contoh kasus ini, maka persilangan antara dua kromosom generasi turunan akan menghasilkan satu kromosom baru. Pada persilangan ini, maka setiap variabel dari kromosom baru merupakan gabungan antara dua variabel dari kedua kromosom generasi turunan. Untuk variabel ke-I, maka rumus stokastik penggabungan adalah sebagai berikut:

$$Vi = V_{1i} \bullet U[0,1] + V_{2i} \bullet (1-U[0,1]) \quad (2-16)$$

Dengan  $Vi$  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.

Jadi semua variabel  $Vi$  dari sebuah kromosom baru dibentuk dengan Pers. (2-16) tersebut. Pada contoh kasus ini maka pembentukan kromosom baru dilakukan oleh setiap pasangan yang berbeda dari kromosom generasi turunan (40 kromosom) sehingga terbentuklah suatu populasi baru kromosom dari generasi berikutnya (780 kromosom).

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 homogeny. 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. Pada contoh kasus ini, maka proses mutasi tidak diikutsertakan (Soetopo, 2012).

### 2.11.7 Bahasa Pemrograman untuk Simulasi Stokastik

Untuk dapat melakukan simulasi Stokastik secara praktis harus menggunakan perangkat computer. Hal ini terkait dengan keharusan untuk membangkitkan seri bilangan

acak dalam proses Simulasi Stokastik. Perangkat computer yang ada pada era sekarang ini memang mampu untuk menyediakan seri-seri bilangan acak secara cepat.

Setiap bahasa pemrograman dapat digunakan untuk model Simulasi Stokastik asalkan mempunyai fungsi yang dapat menghasilkan seri-seri bilangan acak dengan cepat. Dalam studi maka yang digunakan untuk membuat contoh-contoh model Simulasi Stokastik yang ditampilkan adalah program *spreadsheet Excel* dari *Microsoft Office*.

Program *Microsoft Excel* adalah program spreadsheet yang terdiri dari lembar-lembar worksheet untuk tampilanya dan prosedur Macro dengan Visual Basic untuk mengontrol jalanya program. Program *Microsoft Excel* ini cukup canggih untuk digunakan dalam pembuatan model-model Simulasi Stokastik yang kompleks.

Pada lembar-lembar worksheet terdiri dari matrik dua dimensi dari cell-cell, maka dapat ditampilkan data input dan output serta berbagai grafik dari data tersebut. Pada setiap cell dapat dimasukkan berbagai fungsi-fungsi yang tersembunyi dibalik nilai hasil fungsi-fungsi tersebut. Fungsi-fungsi worksheet jumlahnya sangat banyak dan bervariasi.

Pada prosedur *macro* maka dapat dibuat baris-baris dari pernyataan-pernyataan (*statement*) bahasa *Visual Basic* untuk mengontrol jalanya proses perhitungan di lembar worksheet. Prosedur *macro* juga mempunyai fungsi-fungsi walaupun jumlahnya tidak banyak. Jadi ide dari pemrograman dengan *spreadsheet Microsoft Excel* ini adalah dengan mendapatkan perhitungan mendetail di lembar-lembar worksheet, sementara menempatkan control jalanya program di prosedur-prosedur *macro*.

Baik pada worksheet maupun prosedur *macro* masing-masingnya ada tersedia fungsi yang dapat menghasilkan bilangan acak. Bilangan acak ini merupakan bagian yang sangat penting dalam model Simulasi Stokastik.

Pada *worksheet* maka fungsi bilangan acak adalah = RAND().

Pada prosedur *macro* maka fungsi bilangan acak adalah Rnd().

Mengenai fungsi mana yang akan digunakan tergantung dari situasi masalah yang dihadapi. (Soetopo, 2012)

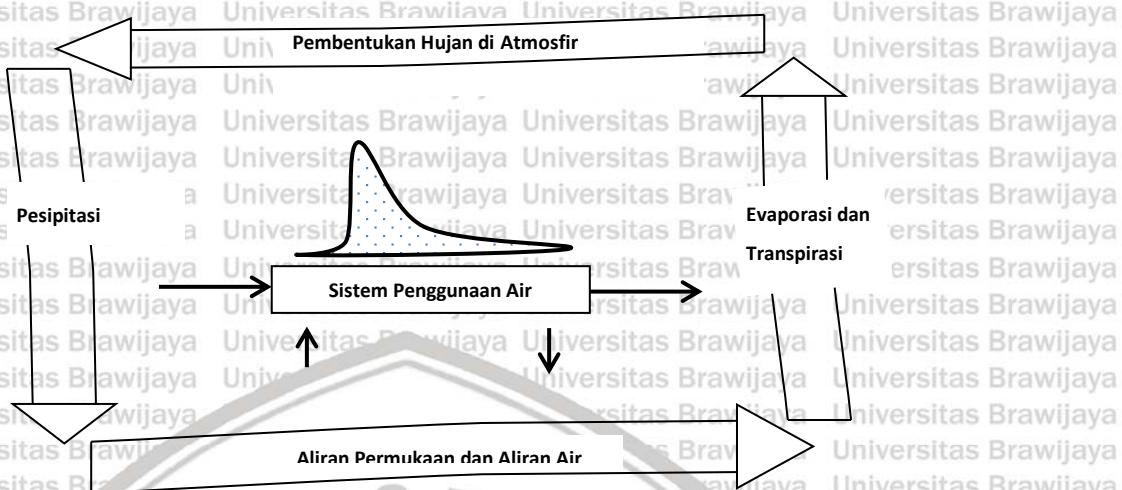
## 2.12 Probabilitas dan Statistik

### 2.12.1 Sifat Probabilitas Sistem Sumbar Daya Air

Sifat probabilitas dari sistem sumber daya air tidak terlepas dari keterkaitan yang erat dari sistem sumbar daya air dengan siklus hidrologi. Dalam hal ini sistem sumbar daya air dianggap sebagai siklus hidrologi dengan ditambah sistem pengurangan air di dalamnya (Soetopo, 2012).

Dalam siklus hidrologi presipitasi (curah hujan) yang mempunyai sifat probabiliti merupakan input, baik secara langsung maupun tidak langsung kepada sistem pengguna air.

Karena sifat probabilistik ini juga diturunkan kepada sistem penggunaan air tersebut.



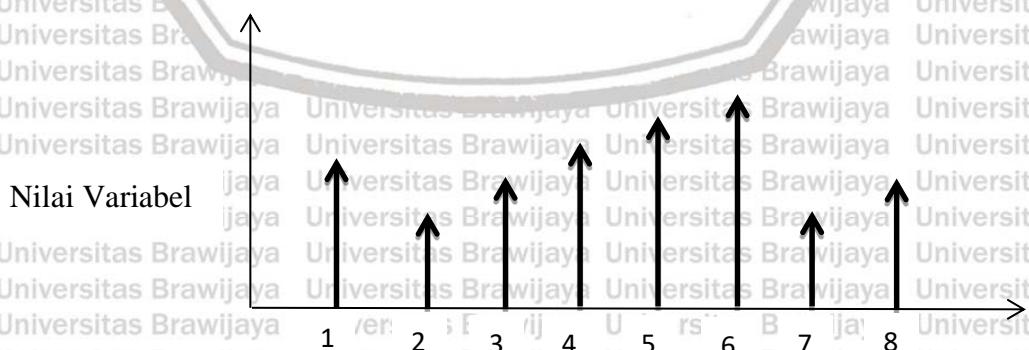
Gambar 2.10 Diagram sistem sumber daya air yang probabilistik

Sumber : Soetopo(2012)

Dapat dilihat pada gambar diatas bahwa sifat probabilistik dari siklus hidrologi akhirnya juga berimbang kepada sistem penggunaan air.

### 2.12.2 Runtun Waktu

Sebuah runtun waktu (time series) adalah sederetan nilai-nilai (data) dimana masing-masing nilai berada pada titik waktu yang tertentu. Jadi waktu merupakan indeks dari setiap nilai dari pada runtun waktu. Runtun waktu yang merupakan realisasi dari pada proses stokastik(loucks dkk, 1981 dalam Soetopo, 2012). Jadi runtun waktu merupakan salah satu produk dari model stokastik. Sebuah runtuk waktu dapat di ilustrasikan sebagai gambar berikut:



Gambar 2.11 Runtun Waktu

Sumber : Soetopo (2012)



Dimensi waktu dinyatakan dalam periode waktu yang dapat berbentuk misalnya periode jam, hari, minggu, bulan, tahun dan lain sebagainya.

### 2.12.3 Perhitungan Statistik

Data input dan output untuk model-model simulasi stokastik baik itu berupa data historis maupun data sintetis memerlukan perhitungan-perhitungan statistic tertentu. Hal ini tentunya terlepas daripada sifat data stokastik. Rumus-rumus statistic yang sering digunakan pada model-model simulasi stokastik (Soetopo, 2012).

Rumus perhitungan rerata sampel  $X_i$  adalah :

$$Mx = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.17)$$

Dengan  $Mx$  adalah nilai rata-rata data  $X_i$ , dan  $n$  adalah banyaknya data pada sampel.

Rumus perhitungan simpangan baku sampel  $X_i$  adalah :

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Mx)^2}{n - 1}} \quad (2.18)$$

Dengan  $Sx$  adalah nilai simpangan baku dari sampel  $X_i$ .

Rumus perhitungan koefisien korelasi sampel:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Mx) * Y_i - My}{\sqrt{\left[ \sum_{i=1}^n (X_i - Mx)^2 \right] * \left[ \sum_{i=1}^n (Y_i - My)^2 \right]}} \quad (2.19)$$

Dengan  $r$  adalah nilai koefisien korelasi antara sampel data  $X_i$  dan sampel data  $Y_i$ .

Rumus koefisien kepencenggan (*skewness*) sampel:

$$Cs = \frac{n * \sum_{i=1}^n (X_i - Mx)}{\sqrt{(n - 1) * (n - 2) * Sx^3}} \quad (2.20)$$

Dengan  $Cs$  adalah nilai koefisien kepencenggan sampel  $X_i$ .

### 2.12.4 Korelasi Serial

Untuk simulasi stokastik pembangkitan data seri dan data sintesis menggunakan metode *autoregressive* misalnya, dibutuhkan nilai dari pada korelasi serial dari pada runtun waktu.

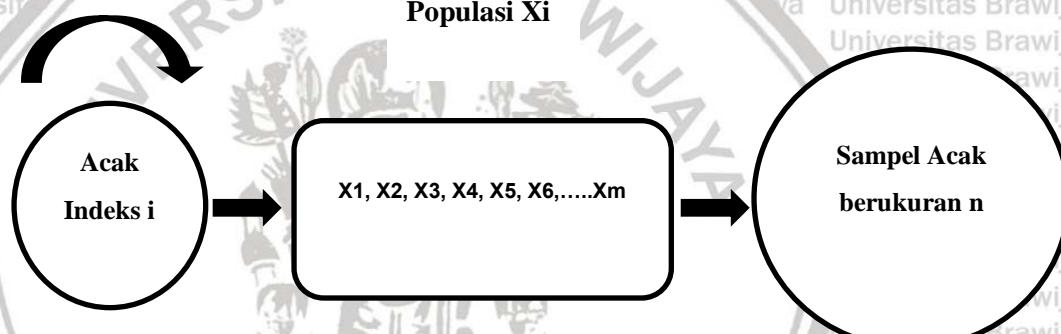
Korelasi serial adalah korelasi antara suatu seri data dengan seri data itu sendiri yang bergeser mundur ke belakang dengan 1 periode atau lebih. Pergeseran ini disebut dengan lag. Jadi lag-1 adalah pergeseran mundur 1 periode. Korelasi serial itu menyatakan untuk

suatu runtun waktu tertentu maka seberapa kuatnya hubungan antara suatu data dengan data-data lain dari periode-periode sebelumnya.

### 2.12.5 Metode Pengambilan Sampel

Dalam bidang statistik di kenal cara pengambilan sampel (*sampling method*). Metode pengambilan sampel juga memegang peranan penting dalam simulasi stokastik. Misalnya pada *random search*, maka cara untuk memberi solusi berikutnya (solusi yang lebih baik) adalah dengan menggunakan pengambilan sampel.

Dalam statistik cara untuk mengambil sampel yang benar itu adalah secara acak (*random*). Yang dimaksud dengan cara acak disini adalah bahwa setiap elemen dari suatu populasi yang berpotensi untuk dipilih ke dalam sampel itu mempunyai kesempatan (probabilitas) yang sama untuk terpilih. Apabila elemen dari populasi dinotasikan dengan  $X_i$ , maka metode pengambilan sampel dapat di ilustrasikan sebagai gambar berikut:



Gambar 2.12 Pengambilan sampel  
Sumber: Soetopo, 2012



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Deskripsi Lokasi Studi

Kecamatan Lape merupakan bagian dari wilayah Kabupaten Sumbawa yang terletak di bagian timur Kabupaten Sumbawa dan sebagian besar dataran rendah karena berada daerah pesisir utara dari Pulau Sumbawa dengan ketinggian rata-rata 50 meter dari Luas wilayah Kecamatan Lape sebesar 204,23 km<sup>2</sup>.

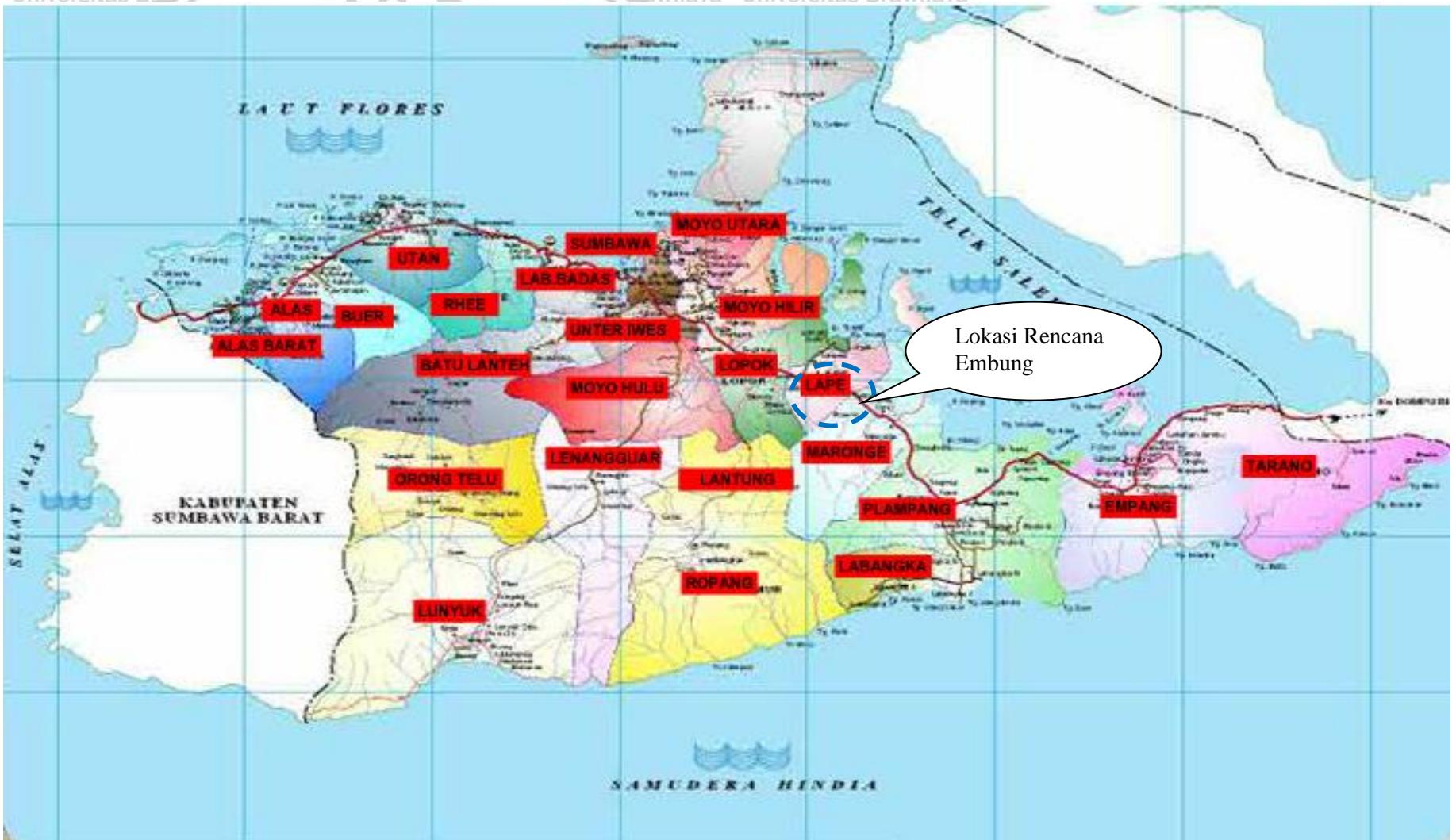
Berdasarkan Permen PU-PR No.15 Tahun 2015 tentang Penetapan Wilayah Sungai, maka Lokasi Jaringan Air Baku Tiu Pasai terdapat pada DAS Nangabangka (No. 055) dengan luas 110.74 km<sup>2</sup> dari 555 DAS yang ada pada Wilayah Sungai (WS) Sumbawa.

DAS Nangabangka terletak pada koordinat antara 08°34'32.89" LS – 08°41'2.87" LS dan 117°3'48.34" BT – 117°41'27.04" BT.

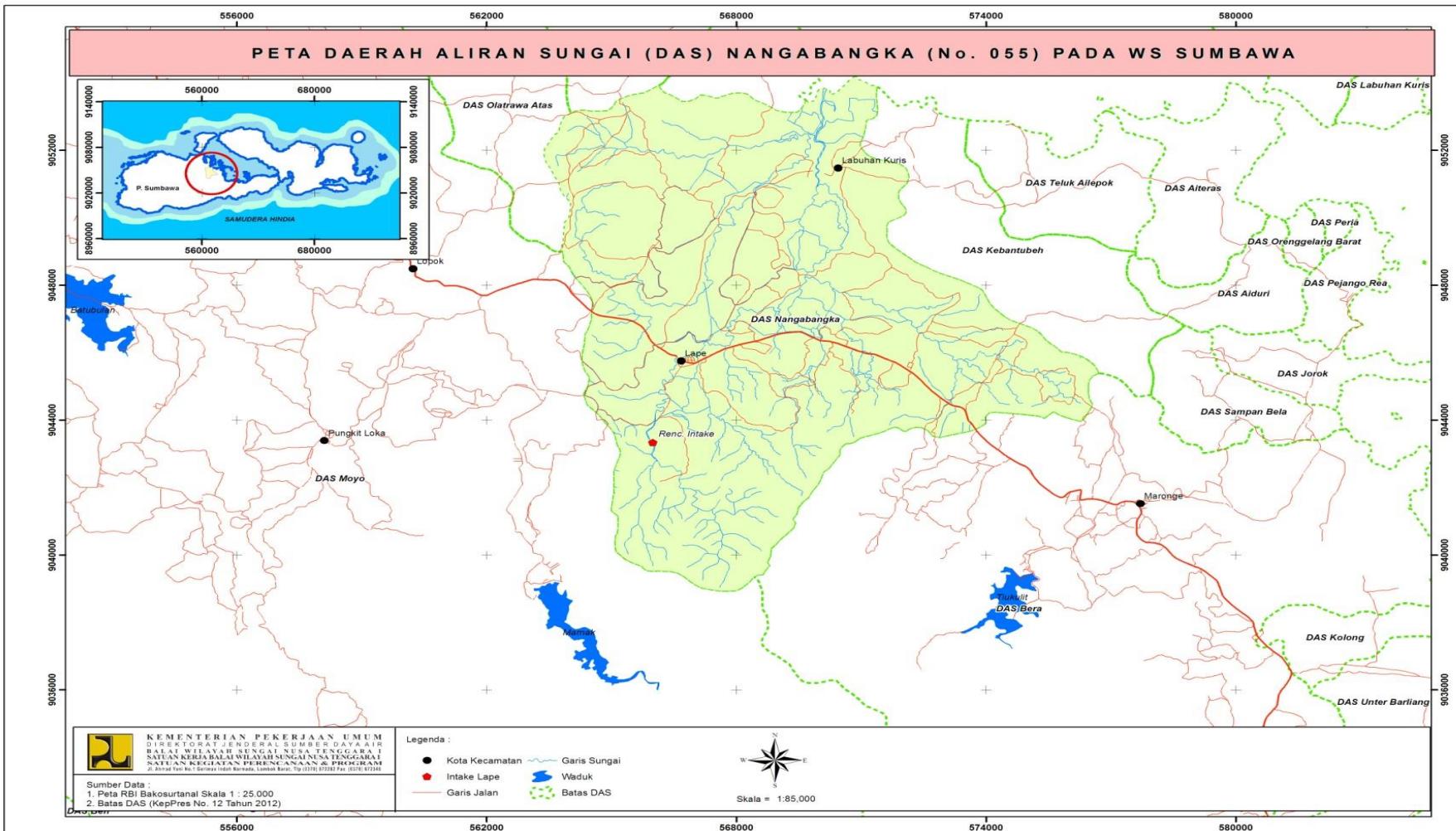
Dikarenakan tidak ada data pencatatan data Debit di Tiu Pasai, maka dilakukan pengalihragaman data Hujan ke debit dengan memakai metode NRECA menggunakan data Stasiun ARR (*automatic rain recorder*) Pungkit Atas (data tersedia 2005-2014). Pada lokasi rencana embung di sungai Tiu Pasai dengan *Cathment Area* 12,93 km<sup>2</sup>.

Dari hasil pengukuran debit dengan menggunakan *Current meter* pada akhir bulan April 2014 (kondisi jarang hujan) tercatat besarnya debit antara ± 64-86 lt/dt.

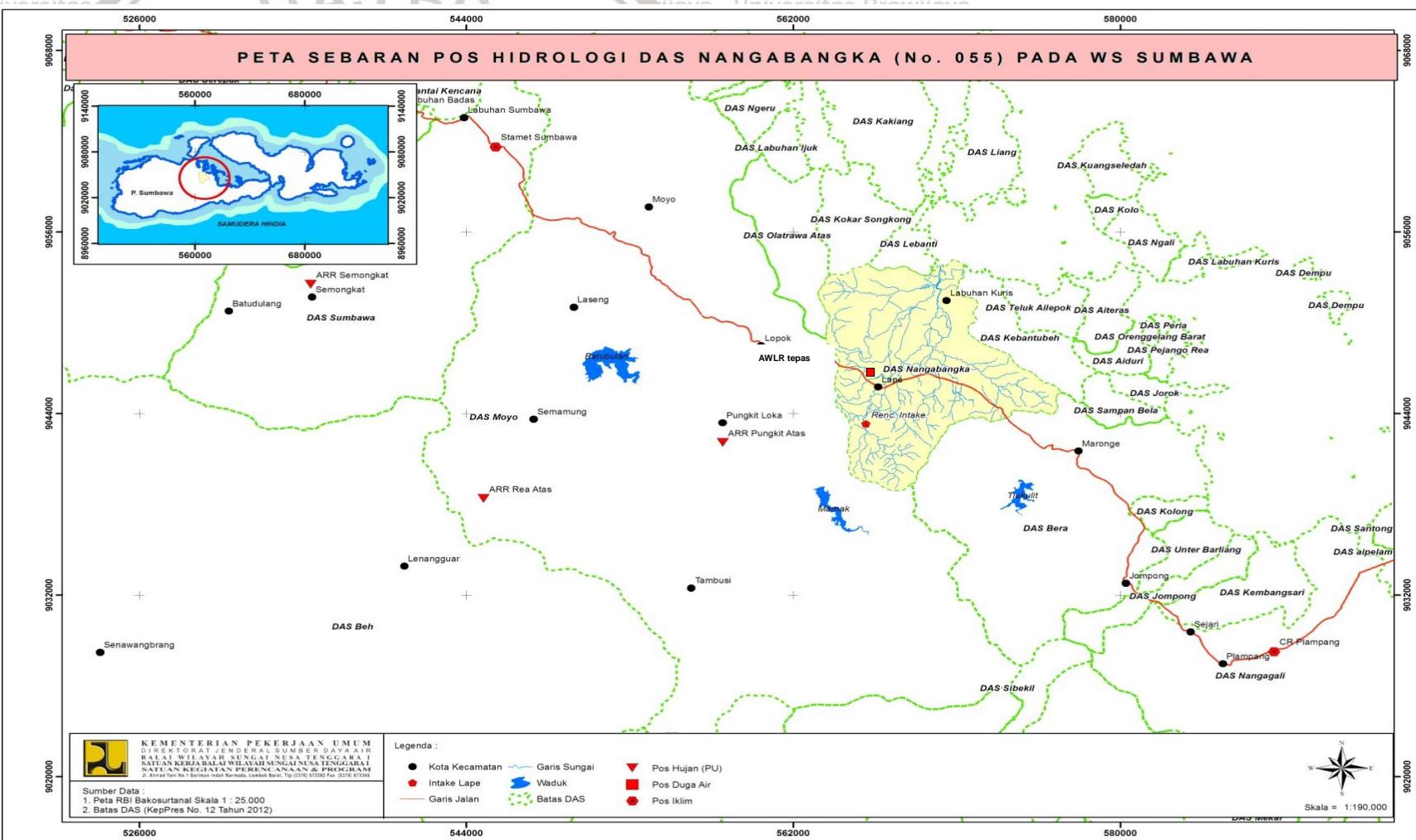
Di sungai Tiu Pasai ini terdapat 3 bendung yaitu Bendung Kenangi, Bendung Dete (Sistem DI Mamak) dan bendung Odong (bendung rakyat), namun dari informasi petugas UPT irigasi Lape dalam merencanakan pola tanam daerah irigasi Mamak, suplai air dari sungai Tiu Pasai ini tidak pernah diperhitungkan. Areal untuk bendung Kenangi dan bendung Dete telah disuplai dari Bendungan Mamak dan dianggap sebagai bangunan bagi/regulator bagi jaringannya, sehingga pada studi ini yang diperhitungkan hanya suplai untuk areal Bendung Odong.



Gambar 3.1 Lokasi Studi  
(Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, 2015)



**Gambar 3.2 Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Nangabangka (No. 055)**  
(Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, 2015)

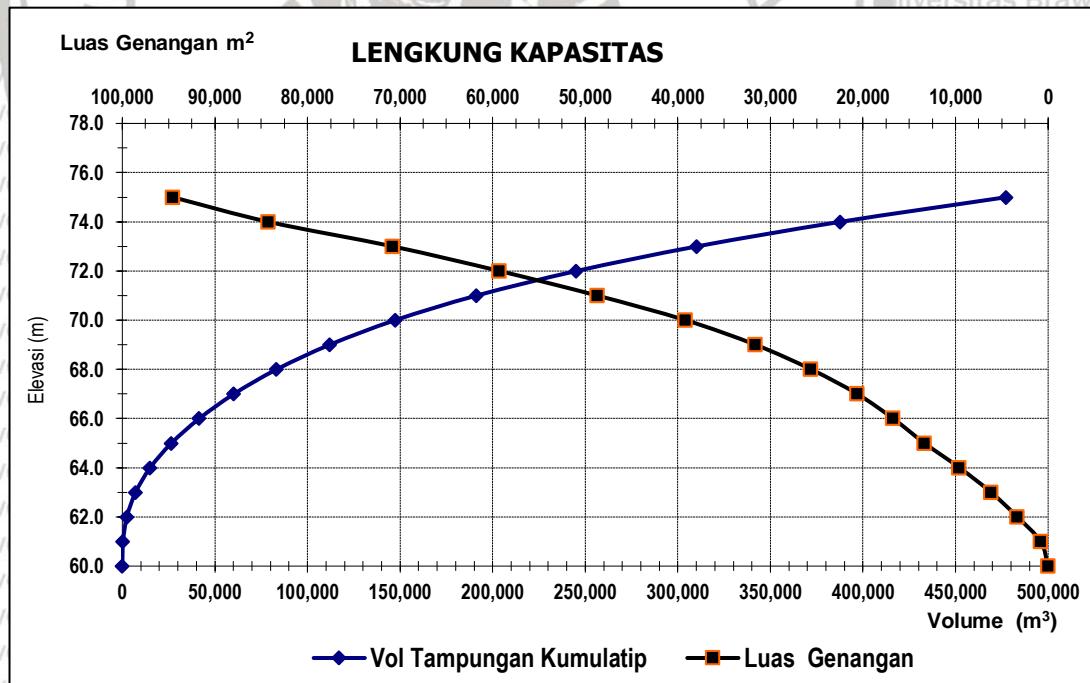


**Gambar 3.3 Peta Sebaran Pos Hidrologi Sekitar DAS Nangabangka (No. 055)**  
**(Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, 2015)**

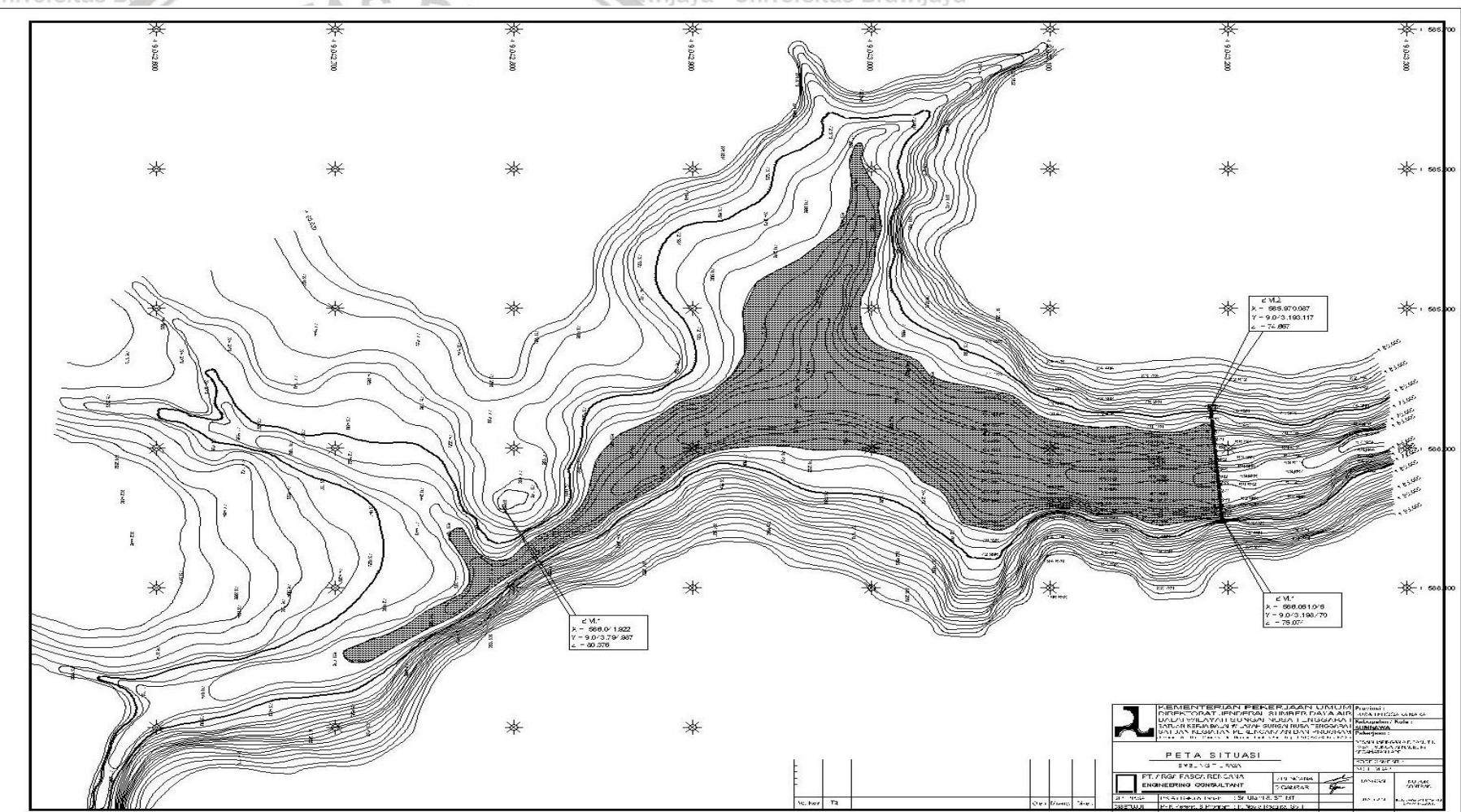
### 3.2 Metode Penelitian

#### 3.2.1 Data Teknis Embung Tiu pasai

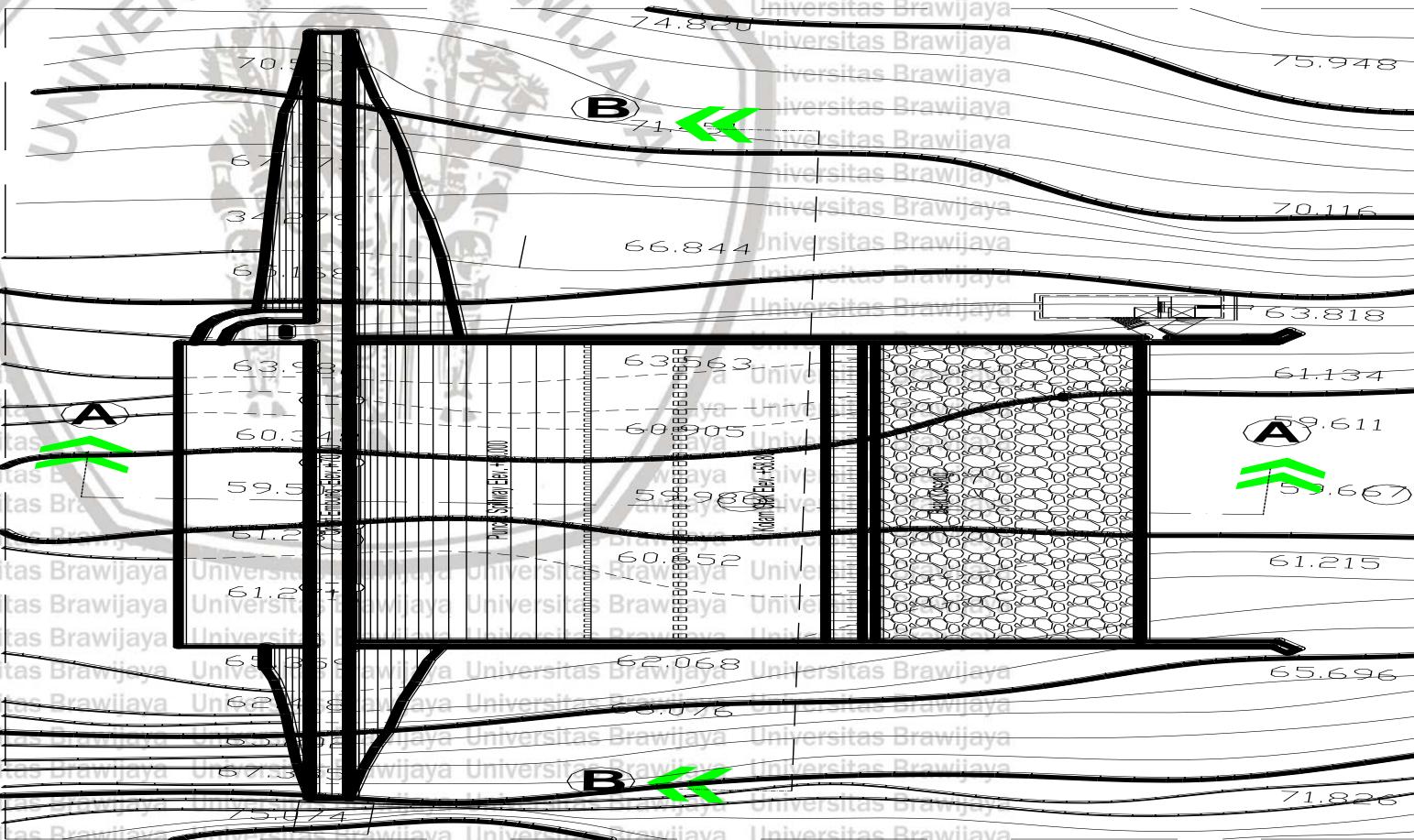
- Q banjir ( $Q_{100}$  th) :  $138,59 \text{ m}^3/\text{dt}$
- Tinggi Embung dari dasar sungai :  $11.50 \text{ m}$
- Tinggi Embung dari dasar pondasi :  $13.50 \text{ m}$
- Panjang Embung :  $80.00 \text{ m}$
- Lebar Crest Embung :  $1.50 \text{ m}$
- Kemiringan Lereng Hulu :  $4 \text{ V} : 1 \text{ H}$
- Kemiringan Lereng Hilir :  $2 \text{ V} : 1 \text{ H}$
- Elevasi Dasar :  $+ 60,0 \text{ m dpl}$
- Elevasi Crest Spilway :  $+ 69,0 \text{ m dpl}$
- Elevasi Crest Embung :  $+ 71,5 \text{ m dpl}$
- Dead Storage :  $7.207 \text{ m}^3$
- Efektive Storage :  $104.789 \text{ m}^3$
- Full Storage :  $111.997 \text{ m}^3$
- Lebar Pelimpah :  $20,0 \text{ m}$



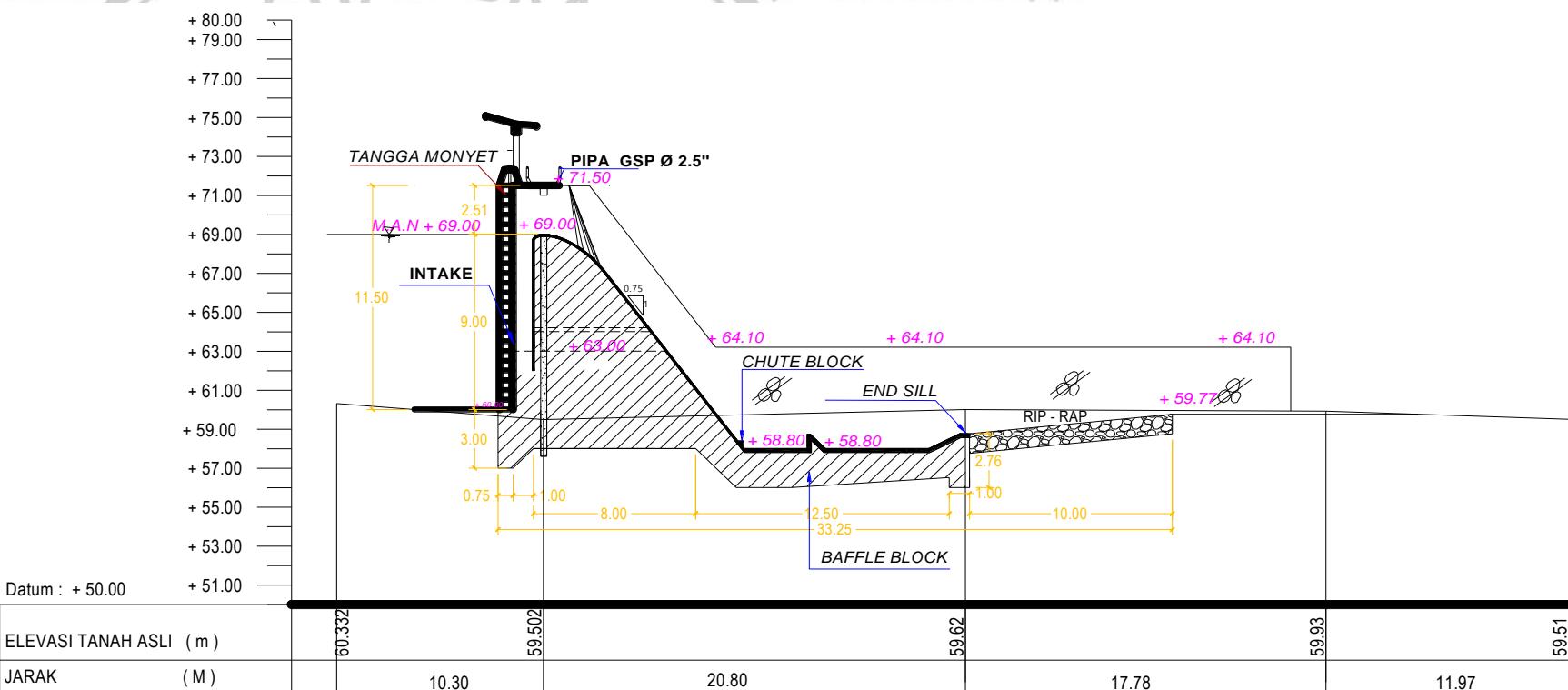
Gambar 3.4 Lengkung Kapasitas Tampungan  
(Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, 2015)



Gambar 3.5. Site Plan Embung Tiu Pasai  
 (Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, 2015)



Gambar 3.6 Denah Embung Tiu Passai  
(Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, 2015)



### POTONGAN MEMANJANG A - A

SKALA 1 : 200

Gambar 3.7 Potongan Memanjang Embung Tiu Pasai  
(Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, 2015)

### 3.2.2 Rencana Studi Simulasi Optimasi Lepasan Waduk

Dalam melakukan pola operasi fungsi tampungan embung maupun 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.
5. Luas genangan berdasarkan total tampungan waduk pada periode tertentu.
6. Menentukan debit *inflow* di waduk.
- Debit masukan didapatkan dari besarnya debit *inflow* pada bulan-bulan yang bersangkutan per periode.
7. 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.
8. Menentukan pedoman lepasan berdasarkan Tampungan Waduk.
9. Mengitung besarnya tampungan
- Hitung besarnya tampungan waduk.  $S_{n-1} = S_1 + Inflow - Outflow - Evaporasi$ .
10. Menentukan aturan lepasan operasi waduk berdasarkan tampungan
- Dilakukan pembatasan terhadap lepasan apabila tampungan waduk menurun besarnya dan besarnya lepasan tergantung dari proses tase pemenuhan kebutuhan.
11. Cek apakah  $S_{n-1} <$  tampungan efektif atau dibawah batas tampungan mati, maka dianggap tidak terjadi limpasan.
12. Jika  $S_{n-1} >$  tampungan efektif, maka hitung limpasan dimana  $\text{limpasan} = S_{n-1}$  dikurangi dengan tampungan efektif.



### 3.2.3 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 rumusanya 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

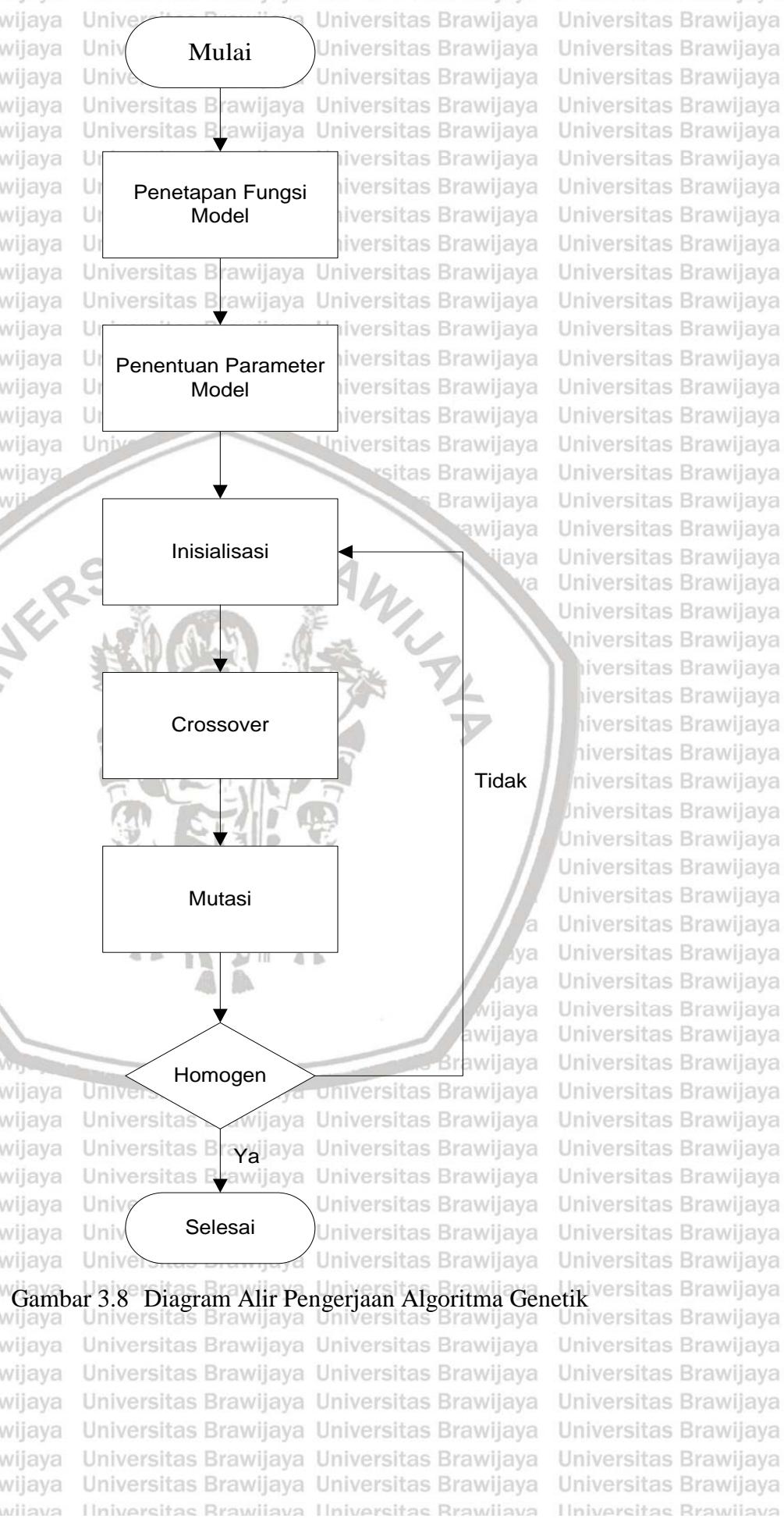
Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari satu atau beberapa gen dalam suatu kromosom.

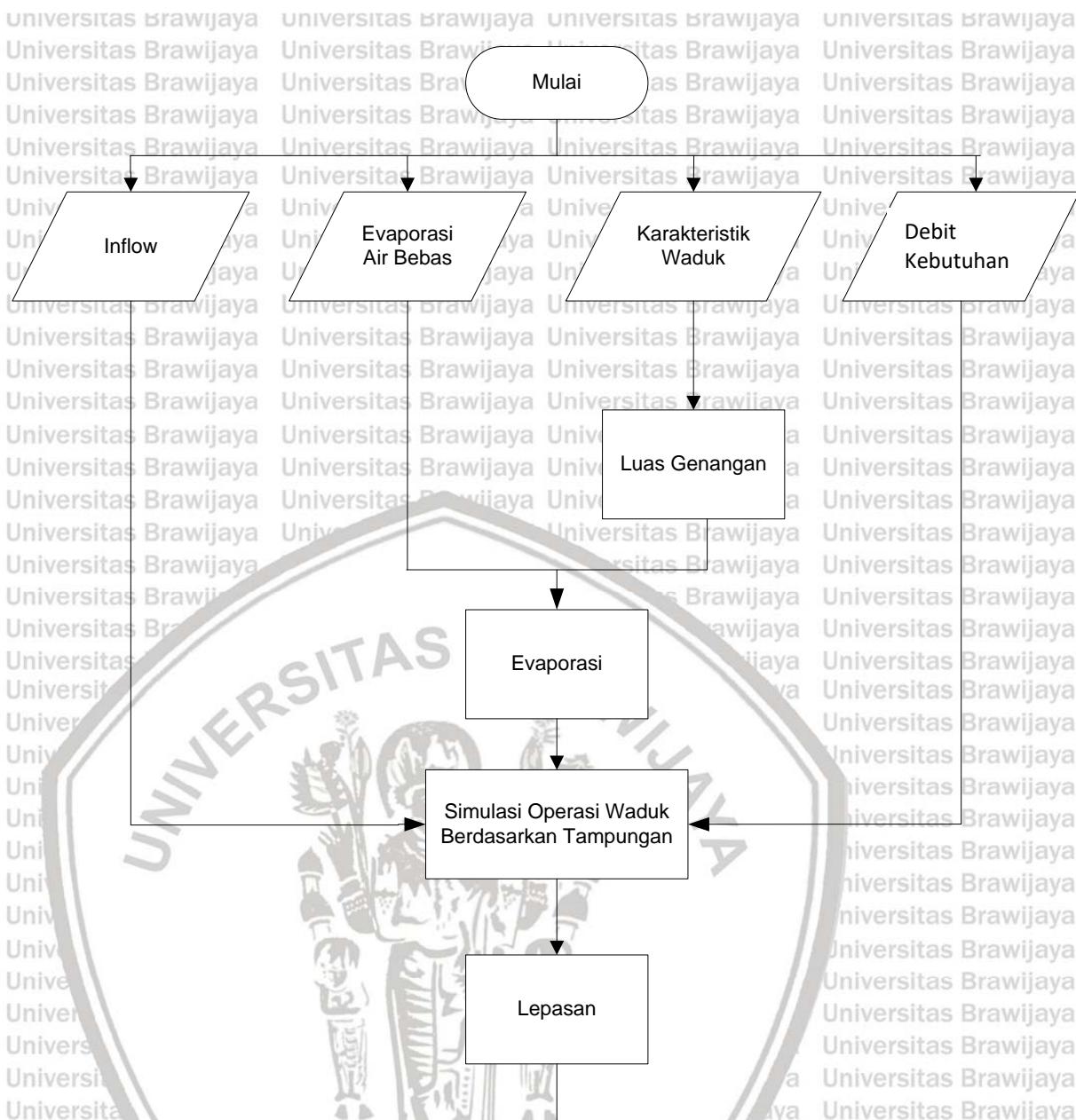
6. Kriteria berhenti

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

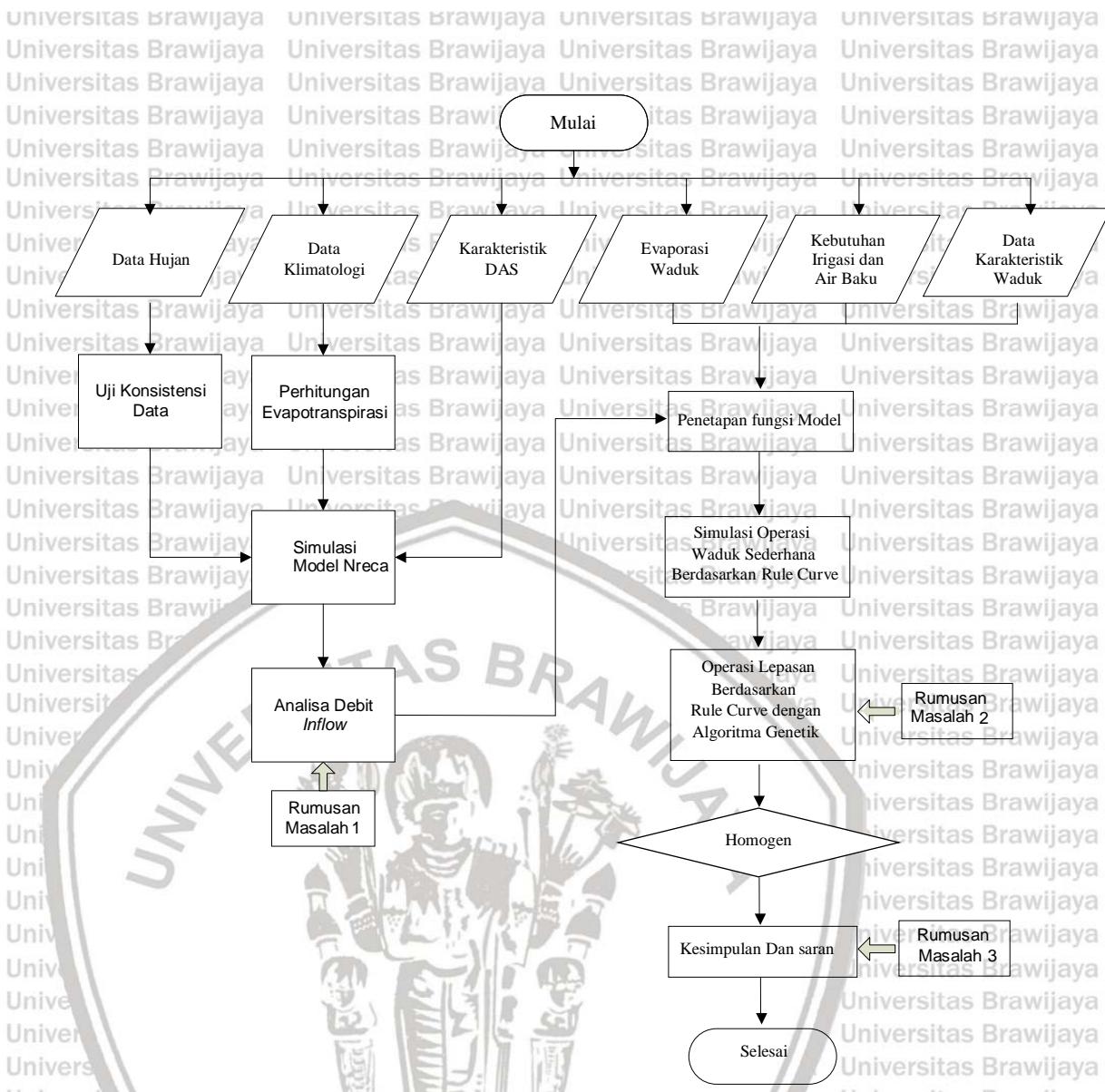
7. Hasil

Hasil merupakan simulasi yang didapat algoritma genetika.





Gambar 3.9 Diagram Alir Penggerjaan Simulasi Lepasan Waduk



Gambar 3.10 Diagram Alir Pengerjaan Tesis



## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Data Hujan

Analisa data hujan bertujuan untuk mencari keseragaman data dan menilai keabsahan data yang diperoleh. Data hujan yang digunakan dalam studi ini diperoleh dari stasiun penakar hujan nangabangka yang berada di Kecamatan Lape, Kabupaten Sumbawa. Data hujan yang didapat mulai tahun 2005 sampai dengan tahun 2014.

#### 4.1.1 Uji Homogenitas

Uji homogenitas atau uji kesamaan jenis dilakukan untuk menguji sekelompok data dari suatu variabel hidrologi sebagai hasil pengamatan atau pengukuran dari suatu regime yang tidak berubah. Data hidrologi dikatakan tidak sama jenis karena adanya perubahan fenomena hidrologi karena perubahan alam. Uji homogenitas bertujuan untuk memberikan kepastian tentang konsistensi data yang dihitung adalah tidak jauh berbeda dengan data lainnya. Dengan kata lain memberikan kemudahan dalam proses pengolahan data karena sudah sejenis.

#### 4.1.2 Uji RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*)

Pada studi ini data hujan diperoleh dari satu stasiun, yaitu stasiun hujan Pungkit Atas. Dari kondisi tersebut pemeriksaan data hujan menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Yakni pengujian dengan komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar komulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya.

Tabel 4.1 Data curah hujan Stasiun Pungkit Atas.

Tahun	Bulan (mm)												max (mm)	Curah Hujan rata-rata
	jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul	ags	sep	okt	nov	des		
2005	0.0	123.2	236.4	270.8	67.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.4	199.7	172.5	271	98.4
2006	254.1	290.6	282.9	84.7	24.7	24.4	0.0	0.0	0.0	76.2	141.5	204.0	291	115.3
2007	307.0	159.1	162.4	200.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	250.8	413.8	414	124.5
2008	471.1	467.4	175.1	71.4	0.0	0.0	0.0	0.0	39.8	10.0	201.3	327.0	471	146.9
2009	295.7	266.1	375.4	16.3	47.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	78.9	334.9	375	117.9
2010	238.3	182.3	370.4	209.6	0.0	5.0	8.8	14.0	0.0	106.3	106.0	219.7	370	121.7
2011	561.6	369.5	442.8	90.2	120.2	11.0	0.0	0.0	7.3	0.0	29.4	287.7	562	160.0
2012	115.9	265.2	295.4	141.4	24.7	28.8	0.0	0.0	0.0	13.2	44.3	306.1	306	102.9
2013	149.4	199.3	281.2	102.0	0.0	0.0	0.0	1.5	23.0	56.6	299.8	387.4	387	125.0
2014	224.8	575.1	152.1	61.4	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	10.1	98.1	260.4	575	116.3

Sumber : Balai ISDA Provinsi Nusa Tenggara Barat, 2014

No	Tahun	Curah Hujan Rata-	Sk*	[Sk*]	Dy <sup>2</sup>	Dy	Sk**	[Sk**]
1	2005	98.42	-24.48	24.48	59.91	-1.39 -0.43 0.09 1.37 -0.28 -0.07 2.11 -1.14 0.12 -0.37	1.39	
2	2006	115.26	-7.63	7.63	5.83		0.43	
3	2007	124.46	1.57	1.57	0.25		0.09	
4	2008	146.93	24.03	24.03	57.76		1.37	
5	2009	117.93	-4.97	4.97	2.47		-0.28	
6	2010	121.70	-1.19	1.19	0.14		0.28	
7	2011	159.98	37.08	37.08	137.51		-0.07	
8	2012	102.92	-19.98	19.98	39.90		0.07	
9	2013	125.02	2.12	2.12	0.45		2.11	
10	2014	116.33	-6.56	6.56	4.30		-1.14	
Rerata		122.89				MAX	2.11	2.11
Jumlah		1228.93			308.51	MIN	-1.39	1.39

Sumber : Hasil Analisa, 2017

Dari tabel 4.2 kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$ . Untuk mendapatkan nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$ , harus dicari nilai Dy, dan Dy<sup>2</sup> terlebih dahulu agar nilai absolut Sk\*\* dapat dihitung. Berikut disajikan contoh perhitungannya:

Contoh yang dihitung adalah data pada tahun 2014

$$n = 10 \text{ (jumlah data hujan)}$$

$$\begin{aligned} Sk^* &= x - \bar{x} \text{ (curah hujan - rerata curah hujan)} \\ &= 116.33 - 122.89 = 6.56 \text{ mm/th} \end{aligned}$$

$$Dy^2 = \frac{Sk^2}{n} = 43,30^2 / 10 = 4,30$$

Setelah didapat nilai Dy<sup>2</sup>, kemudian nilai tersebut dijumlahkan untuk mencari nilai Dy, sehingga didapat nilai Dy sebesar 17.56. Kemudian dilanjutkan menghitung:

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy} = 6,56 / 17,56 = 0,37$$

$$Sk^{**} \max = 2.11 \text{ dan } Sk^{**} \min = -1,39$$

$$Sk^{**} \max = 2.11 \text{ dan } Sk^{**} \min = 1,39$$

$$Q = Sk^{**} \max = 2.11$$

$$R = Sk^{**} \max - Sk^{**} \min$$

$$= 2.11 - 1.39 = 0.72$$

Dengan melihat data statistik pada perhitungan, maka nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$  dapat dicari dan kemudian dibandingkan dengan nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$  tabel. Syarat pengujian data dapat diterima (masih dalam batasan konsisten) jika nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$  hitung lebih kecil dari nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$  tabel. Diambil probabilitas 95% dengan jumlah data (n) = 10, maka didapatkan:

$Q/n^{0.5} = 0.67 < Q/n^{0.5}$  tabel = 1.14 dan  $R/n^{0.5} = 0.23 < R/n^{0.5}$  tabel = 1.28  
 $Q/n^{0.5}$  tabel dan  $R/n^{0.5}$  tabel didapatkan dengan cara interpolasi jumlah data (n) dan probabilitas yang terdapat pada Tabel 4.3 Nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$  di bawah ini:

Tabel 4.3 Nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$

N	$Q/n^{0.5}$			$R/n^{0.5}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.48	1.40	1.50	1.70
40	1.31	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.85

Sumber: Harto (1993:60)

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, didapat nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$  hitung lebih kecil dari nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$  tabel. Dengan demikian pengujian data dapat diterima (masih dalam batasan konsisten).

## 4.2 Evapotranspirasi Potensial

Data Evapotranspirasi Potensial diperlukan untuk menghitung kehilangan air pada lahan khususnya Daerah Pengaliran Sungai (DPS) atau ‘catchment area’. Besaran evapotranspirasi dihitung memakai cara Penman modifikasi (FAO), Metode Penman Modifikasi digunakan karena memiliki parameter klimatologi yang lebih banyak untuk daerah tropis, sehingga hasil yang didapat menjadi lebih teliti.

Pada studi ini data yang digunakan dalam proses perhitungan evapotranspirasi potensial diperoleh dari stasiun Klimatologi Brangbiji. Data-data yang dibutuhkan meliputi temperatur rata-rata (t), lama Penyinaran (n/N), kecepatan angin (u) dan kelembaban relatif (Rh).

Contoh perhitungan pada periode 1 bulan januari:

Temperatur (t) = 26.63°C

Kecepatan Angin = 172.47 Km/day

Kelembaban Relatif (Rh) = 90 %

Kecerahan Matahari (n/N) = 73 %

Hasil perhitungan evapotranspirasi potensial setiap bulan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut:



Tabel 4.4 Perhitungan evapotranspirasi potensial dengan metode penman untuk catchment area Tiu Pasai

No.	Universit Description	January		February		March		April		May		June		July		August		September		October		November		December	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
		15	16	14	14	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
1	Temperature, t(a) (C)	26.63	26.85	26.39	26.38	26.45	26.72	27.32	27.30	27.19	26.98	27.08	27.00	25.67	25.88	25.75	26.17	26.93	27.41	27.97	28.30	28.71	28.09	27.61	27.08
2	Wind Velocity, U (km/day)	172.47	190.19	235.07	187.44	182.41	172.65	171.23	185.19	196.92	190.66	212.86	229.63	233.01	225.19	236.31	233.26	228.27	229.12	230.62	220.32	212.11	199.43	198.53	188.91
3	Corrected Temperature (t(c) (C)	23.35	23.57	23.10	23.10	23.16	23.44	24.04	24.02	23.91	23.70	23.80	23.71	22.39	22.60	22.46	22.88	23.65	24.13	24.69	25.02	25.43	24.80	24.33	23.80
4	Relative Humidity, RH	0.90	0.87	0.90	0.90	0.90	0.90	0.84	0.83	0.81	0.83	0.80	0.77	0.75	0.74	0.73	0.74	0.73	0.75	0.78	0.80	0.83	0.85	0.89	0.89
5	Ratio, n/N	0.73	0.71	0.44	0.66	0.71	0.76	0.89	0.95	0.91	0.88	0.88	0.91	0.91	0.92	0.91	0.91	0.96	0.96	0.97	0.95	0.92	0.61	0.74	0.70
6	Corrected Wind Velocity, Uc (km/day)	337.56	372.23	460.08	366.84	357.00	337.91	335.12	362.45	385.41	373.16	416.60	449.41	456.04	440.73	462.50	456.53	446.77	448.43	451.35	431.20	415.14	390.31	388.56	369.72
7	Saturation Vapour Pressure,es(mb)	21.48	21.78	21.16	21.15	21.24	21.60	22.42	22.39	22.24	21.96	22.09	21.98	20.25	20.51	20.34	20.87	21.89	22.55	23.33	23.80	24.40	23.49	22.82	22.09
8	Actual Saturation Vapour Pressure, ea(mb)	19.33	19.04	18.94	19.04	19.08	19.44	18.80	18.55	18.00	18.12	17.65	16.94	15.26	15.27	14.85	15.19	16.14	16.43	17.60	18.58	19.45	19.53	19.45	19.65
9	Difference of Vapour Pressure,es-ea(mb)	2.15	2.74	2.21	2.11	2.16	2.16	3.62	3.85	4.24	3.84	4.44	5.04	4.99	5.24	5.49	5.68	5.75	6.12	5.73	5.22	4.95	3.96	3.38	2.44
10	Wind Velocity Function, f(U)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
11	Value of Vapour Pressure Declivity , del	1.27	1.28	1.26	1.26	1.26	1.27	1.33	1.32	1.30	1.29	1.29	1.29	1.22	1.23	1.22	1.25	1.29	1.40	1.81	2.04	2.07	1.89	1.55	1.29
12	Aerodynamic Term	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.06	0.05	0.06	0.07	0.07	0.09	0.10	0.10	0.09	0.05	0.03	0.01
13	Extra Terrestrial Radiation, Ra (mm/d)	922.00	922.00	922.00	922.00	891.00	891.00	847.50	847.50	751.00	751.00	708.63	724.75	724.75	724.75	784.50	784.50	768.00	768.00	902.63	902.63	915.63	915.63	924.50	924.50
14	Solar Radiation, Rs (mm/d)	568.87	559.11	432.03	534.55	539.13	560.49	590.64	614.79	527.70	519.30	489.36	499.82	510.83	514.57	553.99	553.44	562.37	561.66	661.25	652.70	650.09	509.39	572.50	556.58
15	Longwave Radiation																								
a. f (t) on T	15.14	15.23	15.04	15.04	15.07	15.17	15.42	15.41	15.36	15.28	15.32	15.29	15.16	15.24	15.19	15.35	15.26	15.47	15.75	15.41	15.62	15.80	15.56	15.32	
b. f (ea) on ea	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	
c. f (n/N) on n/N	0.60	0.59	0.46	0.57	0.59	0.61	0.68	0.71	0.68	0.67	0.67	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.71	0.71	0.71	0.70	0.69	0.54	0.60	0.59	
16	del / (del + c)	0.72	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.72	0.72	0.73	0.74	0.79	0.81	0.81	0.80	0.76	0.73	
17	c / (del + c)	0.28	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.26	0.21	0.19	0.19	0.20	0.24	0.27
18	Radiation Value	5.32	5.24	4.03	4.99	5.03	5.25	5.60	5.81	4.97	4.88	4.60	4.70	4.73	4.77	5.13	5.15	5.28	5.40	6.74	6.82	6.81	5.24	5.63	5.23
19	Net Longwave Radiation	0.87	0.88	0.67	0.82	0.86	0.88	1.05	1.10	1.10	1.06	1.10	1.17	1.26	1.28	1.30	1.29	1.27	1.29	1.30	1.21	1.14	0.89	0.93	0.84
20	Value of Net Aerodynamic Term	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00
21	Evapotranspiration potential, ETo(mm/day)	4.46	4.37	3.36	4.17	4.18	4.37	4.56	4.72	3.88	3.82	3.52	3.54	3.48	3.51	3.85	3.88	4.03	4.13	5.46	5.63	5.68	4.37	4.71	4.40
22	Evapotranspiration potential, ETo(mm/15day)	66.88	69.96	47.05	58.33	62.66	69.96	68.45	70.82	58.24	61.18	52.74	53.16	52.21	56.16	57.77	62.08	60.47	61.91	81.96	90.01	85.27	65.51	70.62	70.35

Sumber : Hasil Perhitungan

### 4.3 Inflow Embung Tiu Pasai

*Inflow* pada Embung Tiu Pasai ini diperoleh dari menganalisa hujan yang turun pada daerah aliran sungai kemudian ditransformasikan menjadi data debit dengan metode Nreca. Kenapa menggunakan metode Nreca karena metode ini merupakan metode yang memiliki parameter yang sesuai dengan wilayah jarang hujan atau daerah yang cenderung kering. Guna mencapai hasil yang paling mendekati dengan kondisi di lapangan yakni meninjau kondisi klimatologi dan juga kondisi fisik daerah pengaliran sungai, setelah mendapatkan hasil simulasi debit aliran rendah maka akan dikalibrasi terhadap catatan debit yang ada atau *trend* dari data hujan.

#### 4.3.1 Analisa Debit Aliran Rendah dengan Model Nreca

Model Nreca memperhitungkan data curah hujan, evapotranspirasi, dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran sungai. Sisa dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan bersama aliran dasar bergerak masuk menuju alur sungai. Aliran total yang ada kemudian dikalikan dengan luas DAS, hasil dari perkalian keduanya merupakan keluaran dari Model NRECA yang berupa debit aliran sungai sesuai dengan periode yang direncanakan.

Simulasi dengan model Nreca dalam lokasi studi ini yakni pada DAS Nangabangka yakni mengolah data hujan menjadi debit bulanan mulai tahun 2005-2014 dengan periode 15 harian. Berikut hasil perhitungan dan parameter metode Nreca Februari periode I tahun 2005.

#### I. Luas *catchment area* Emung Tiu Pasai

$$= 12.93 \text{ Km}^2$$

#### II. Data Hujan

$$= 36.20 \text{ mm/15hr}$$

- Curah Hujan (P)

#### III. Parameter Model

$$= 0.65$$

- PSUB (*Percent Sub Surface*)

$$= 0.33$$

- GWf (*Ground Water Flow*)

$$= 195.39$$

- SMS (*Soil Moisture Storage*)

$$= 30.00$$

- GWS (*Ground Water Storage*)

#### IV. Evapotranspirasi Potensial

- Evapotranspirasi Potensial (ET<sub>0</sub>)

$$= 47.05 \text{ mm/15hr}$$

Tabel 4.5 Perhitungan Model Nreca Tahun 2005

Bulan		Shari	Hujan mm	PET mm	SMS mm	Sr	P/PET	AET/PET	AET mm	P - AET mm	excm	D <sub>Storage</sub> mm	Rech mm	GWS <sub>awal</sub> mm	GWS <sub>akhir</sub> mm	GF mm	DF mm	Saliran <sub>model</sub> mm	Q <sub>model</sub> m <sup>3</sup> /detik	Q <sub>model</sub> lt/detik
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	
Jan	I	15	0.00	66.88	195.39	0.67	0.00	0.33	22.30	-22.30	0.00	-22.30	0.00	30.00	30.00	9.90	0.00	9.90	0.099	98.771
	II	16	0.00	69.96	173.10	0.59	0.00	0.30	20.67	-20.67	0.00	-20.67	0.00	20.10	20.10	6.63	0.00	6.63	0.062	62.040
Peb	I	14	36.20	47.05	152.43	0.52	0.77	0.83	39.02	-2.82	0.00	-2.82	0.00	13.47	13.47	4.44	0.00	4.44	0.048	47.505
	II	14	87.00	58.33	149.61	0.51	1.49	1.00	58.33	28.67	3.55	25.12	2.31	9.02	11.33	3.74	1.24	4.98	0.053	53.231
Mar	I	15	83.60	62.66	174.73	0.60	1.33	1.00	62.66	20.94	3.47	17.46	2.26	7.59	9.85	3.25	1.22	4.47	0.045	44.555
	II	16	152.80	69.96	192.19	0.66	2.18	1.00	69.96	82.84	16.70	66.14	10.86	6.60	17.45	5.76	5.85	11.60	0.109	108.544
Apr	I	15	24.10	68.45	258.33	0.88	0.35	0.64	43.65	-19.55	0.00	-19.55	0.00	11.69	11.69	3.86	0.00	3.86	0.039	38.501
	II	15	42.90	70.82	238.78	0.81	0.61	0.77	54.28	-11.38	0.00	-11.38	0.00	7.83	7.83	2.59	0.00	2.59	0.026	25.795
Mei	I	15	0.00	58.24	227.41	0.78	0.00	0.39	22.60	-22.60	0.00	-22.60	0.00	5.25	5.25	1.73	0.00	1.73	0.017	17.283
	II	16	0.00	61.18	204.81	0.70	0.00	0.35	21.38	-21.38	0.00	-21.38	0.00	3.52	3.52	1.16	0.00	1.16	0.011	10.856
Jun	I	15	0.00	52.74	183.42	0.63	0.00	0.31	16.51	-16.51	0.00	-16.51	0.00	2.36	2.36	0.78	0.00	0.78	0.008	7.758
	II	15	0.00	53.16	166.92	0.57	0.00	0.28	15.14	-15.14	0.00	-15.14	0.00	1.58	1.58	0.52	0.00	0.52	0.005	5.198
Jul	I	15	0.00	52.21	151.78	0.52	0.00	0.26	13.52	-13.52	0.00	-13.52	0.00	1.06	1.06	0.35	0.00	0.35	0.003	3.483
	II	16	0.00	56.16	138.26	0.47	0.00	0.24	13.25	-13.25	0.00	-13.25	0.00	0.71	0.71	0.23	0.00	0.23	0.002	2.188
Ags	I	15	0.00	57.77	125.01	0.43	0.00	0.21	12.32	-12.32	0.00	-12.32	0.00	0.47	0.47	0.16	0.00	0.16	0.002	1.563
	II	16	0.00	62.08	112.68	0.38	0.00	0.19	11.94	-11.94	0.00	-11.94	0.00	0.32	0.32	0.10	0.00	0.10	0.001	0.982
Sep	I	15	0.00	60.47	100.75	0.34	0.00	0.17	10.40	-10.40	0.00	-10.40	0.00	0.21	0.21	0.07	0.00	0.07	0.001	0.702
	II	15	0.00	61.91	90.35	0.31	0.00	0.15	9.54	-9.54	0.00	-9.54	0.00	0.14	0.14	0.05	0.00	0.05	0.000	0.470
Okt	I	15	47.20	81.96	80.81	0.28	0.58	0.63	51.99	-4.79	0.00	-4.79	0.00	0.10	0.10	0.03	0.00	0.03	0.000	0.315
	II	16	64.20	90.01	76.01	0.26	0.71	0.75	67.55	-3.35	0.00	-3.35	0.00	0.06	0.06	0.02	0.00	0.02	0.000	0.198
Nop	I	15	103.50	85.27	72.66	0.25	1.21	1.00	85.27	18.23	0.86	17.37	0.56	0.04	0.60	0.20	0.30	0.50	0.005	4.974
	II	15	96.20	65.51	90.04	0.31	1.47	1.00	65.51	30.69	1.81	28.89	1.18	0.40	1.58	0.52	0.63	1.15	0.012	11.510
Des	I	15	128.40	70.62	118.92	0.41	1.82	1.00	70.62	57.78	4.91	52.87	3.19	1.06	4.25	1.40	1.72	3.12	0.031	31.133
	II	16	44.10	70.33	171.79	0.59	0.63	0.74	51.79	-7.69	0.00	-7.69	0.00	2.85	2.85	0.94	0.00	0.94	0.009	8.786

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

- 1. Bulan/periode (trial)      9. [4] × [8]
- 2. Banyak Hari      6. Tampungan Kelengasan Tanah      10. [3] - [9]
- 3. Data Hujan      7. [3]/[4]
- 4. Evaporasi Potensial      8. Rasio penguapan
- 13. P1 (0.65) × [11]      17. [11]-[13]
- 14. Trial Tamapungan Air Tanah Awal      18. [16] + [17]
- 15. [13] × [14]      19. ([18]/1000)×(A×1000000)/[2]×24×60×60
- 16. P2 (0.33) × [15]      20. [19] × 1000

Tabel 4.6 Perhitungan Model Nreca Tahun 2006

Bulan	Shari	Hujan mm	PET mm	SMS mm	Sr	P/PET	AET/PET	AET mm	P - AET mm	excm mm	D <sub>Storage</sub> mm	Rech mm	GWS <sub>awal</sub> mm	GWS <sub>akhir</sub> mm	GF mm	DF mm	Saliran <sub>model</sub> mm	Q <sub>model</sub> m <sup>3</sup> /detik	Q <sub>model</sub> lt/detik	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	
Jan	I	15	146.00	66.88	164.10	0.56	2.18	1.00	66.88	79.12	11.62	67.51	7.55	1.91	9.46	3.12	4.07	7.19	0.072	71.701
	II	16	108.10	69.96	231.61	0.79	1.55	1.00	69.96	38.14	11.51	26.62	7.48	6.34	13.82	4.56	4.03	8.59	0.080	80.347
Feb	I	14	237.00	47.05	258.23	0.88	5.04	1.00	47.05	189.95	72.84	117.11	47.35	9.26	56.60	18.68	25.49	44.17	0.472	472.188
	II	14	53.60	58.33	375.34	1.28	0.92	0.97	56.63	-3.03	0.00	-3.03	0.00	37.93	37.93	12.52	0.00	12.52	0.134	133.782
Mar	I	15	132.00	62.66	372.31	1.27	2.11	1.00	62.66	69.34	51.79	17.55	33.66	25.41	59.07	19.49	18.13	37.62	0.375	375.348
	II	16	150.90	69.96	389.86	1.33	2.16	1.00	69.96	80.94	63.90	17.04	41.54	39.58	81.12	26.77	22.37	49.14	0.460	459.576
Apr	I	15	77.90	68.45	406.89	1.39	1.14	1.00	68.45	9.45	7.80	1.65	5.07	54.35	59.42	19.61	2.73	22.34	0.223	222.877
	II	15	6.80	70.82	408.54	1.39	0.10	0.73	51.43	-44.63	0.00	-44.63	0.00	39.81	39.81	13.14	0.00	13.14	0.131	131.074
Mei	I	15	0.00	58.24	363.91	1.24	0.00	0.62	36.17	-36.17	0.00	-36.17	0.00	26.67	26.67	8.80	0.00	8.80	0.088	87.820
	II	16	24.70	61.18	327.74	1.12	0.40	0.74	45.10	-20.40	0.00	-20.40	0.00	17.87	17.87	5.90	0.00	5.90	0.055	55.162
Jun	I	15	20.70	52.74	307.34	1.05	0.39	0.71	37.50	-16.80	0.00	-16.80	0.00	11.97	11.97	3.95	0.00	3.95	0.039	39.422
	II	15	3.70	53.16	290.54	0.99	0.07	0.53	28.22	-24.52	0.00	-24.52	0.00	8.02	8.02	2.65	0.00	2.65	0.026	26.413
Jul	I	15	0.00	52.21	266.02	0.91	0.00	0.45	23.70	-23.70	0.00	-23.70	0.00	5.38	5.38	1.77	0.00	1.77	0.018	17.697
	II	16	0.00	56.16	242.32	0.83	0.00	0.41	23.22	-23.22	0.00	-23.22	0.00	3.60	3.60	1.19	0.00	1.19	0.011	11.116
Ags	I	15	0.00	57.77	219.10	0.75	0.00	0.37	21.60	-21.60	0.00	-21.60	0.00	2.41	2.41	0.80	0.00	0.80	0.008	7.944
	II	16	0.00	62.08	197.50	0.67	0.00	0.34	20.92	-20.92	0.00	-20.92	0.00	1.62	1.62	0.53	0.00	0.53	0.005	4.990
Sep	I	15	0.00	60.47	176.58	0.60	0.00	0.30	18.22	-18.22	0.00	-18.22	0.00	1.08	1.08	0.36	0.00	0.36	0.004	3.566
	II	15	0.00	61.91	158.36	0.54	0.00	0.27	16.73	-16.73	0.00	-16.73	0.00	0.73	0.73	0.24	0.00	0.24	0.002	2.389
Okt	I	15	12.00	81.96	141.63	0.48	0.15	0.35	28.91	-16.91	0.00	-16.91	0.00	0.49	0.49	0.16	0.00	0.16	0.002	1.601
	II	16	64.20	90.01	124.72	0.43	0.71	0.77	69.69	-5.49	0.00	-5.49	0.00	0.33	0.33	0.11	0.00	0.11	0.001	1.006
Nop	I	15	48.60	85.27	119.22	0.41	0.57	0.66	56.06	-7.46	0.00	-7.46	0.00	0.22	0.22	0.07	0.00	0.07	0.001	0.719
	II	15	92.90	65.51	111.77	0.38	1.42	1.00	65.51	27.39	2.13	25.27	1.38	0.15	1.53	0.50	0.74	1.25	0.012	12.466
Des	I	15	112.60	70.62	137.03	0.47	1.59	1.00	70.62	41.98	4.46	37.52	2.90	1.02	3.92	1.30	1.56	2.86	0.029	28.500
	II	16	91.40	70.33	174.55	0.60	1.30	1.00	70.33	21.07	3.49	17.58	2.27	2.63	4.90	1.62	1.22	2.84	0.027	26.537

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Bulan/periode
2. Banyak Hari
3. Data Hujan
4. Evaporasi Potensial
5. Tampungan Kelengesan Awal (trial)  $9. [4] \times [8]$
6. Tampungan Kelengesan Tanah  $10. [3] - [9]$
7.  $[3]/[4]$
8. Rasio penguapan  $12. [10] - [11]$
9.  $[4] \times [8]$
10.  $[3] - [9]$
11. Jika  $[10] < 0$  maka  $0.5 \times (1 + \tanh((2 \times [6]) - 2)) \times [10]$
12.  $[10] - [11]$
13.  $P1 (0.65) \times [11]$
14. Trial Tampungan Air Tanah Awal
15.  $[13] \times [14]$
16.  $P2 (0.33) \times [15]$
17.  $[11] - [13]$
18.  $[16] + [17]$
19.  $([18]/1000) \times (A \times 1000000)/[2] \times 24 \times 60 \times 60$
20.  $[19] \times 1000$

Tabel 4.7 Perhitungan Model Nreca Tahun 2007

Bulan	Shari	Hujan mm	PET mm	SMS mm	Sr	P/PET	AET/PET	AET mm	P - AET mm	excm	D <sub>Storage</sub> mm	Rech mm	GWS <sub>awal</sub> mm	GWS <sub>akhir</sub> mm	GF mm	DF mm	Saliran <sub>model</sub> mm	Q <sub>model</sub> m <sup>3</sup> /detik	Q <sub>model</sub> lt/detik	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	
Jan	I	15	27.90	66.88	192.13	0.66	0.42	0.61	40.68	-12.78	0.00	-12.78	0.00	3.28	3.28	1.08	0.00	1.08	0.011	10.803
	II	16	279.10	69.96	179.35	0.61	3.99	1.00	69.96	209.14	36.57	172.57	23.77	2.20	25.97	8.57	12.80	21.37	0.200	199.854
Peb	I	15	88.30	47.05	351.92	1.20	1.88	1.00	47.05	41.25	28.50	12.75	18.52	17.40	35.92	11.85	9.97	21.83	0.218	217.765
	II	13	70.80	58.33	364.67	1.24	1.21	1.00	58.33	12.47	9.06	3.41	5.89	24.07	29.96	9.89	3.17	13.06	0.150	150.314
Mar	I	15	38.60	62.66	368.08	1.26	0.62	0.86	53.71	-15.11	0.00	-15.11	0.00	20.07	20.07	6.62	0.00	6.62	0.066	66.081
	II	16	123.80	69.96	352.97	1.20	1.77	1.00	69.96	53.84	37.36	16.48	24.28	13.45	37.73	12.45	13.08	25.53	0.239	238.766
Apr	I	15	200.40	68.45	369.45	1.26	2.93	1.00	68.45	131.95	97.58	34.37	63.43	25.28	88.71	29.27	34.15	63.42	0.633	632.779
	II	15	0.00	70.82	403.82	1.38	0.00	0.69	48.80	-48.80	0.00	-48.80	0.00	59.43	59.43	19.61	0.00	19.61	0.196	195.673
Mei	I	15	0.00	58.24	355.02	1.21	0.00	0.61	35.28	-35.28	0.00	-35.28	0.00	39.82	39.82	13.14	0.00	13.14	0.131	131.101
	II	16	0.00	61.18	319.74	1.09	0.00	0.55	33.38	-33.38	0.00	-33.38	0.00	26.68	26.68	8.80	0.00	8.80	0.082	82.348
Jun	I	15	0.00	52.74	286.35	0.98	0.00	0.49	25.77	-25.77	0.00	-25.77	0.00	17.88	17.88	5.90	0.00	5.90	0.059	58.851
	II	15	0.00	53.16	260.58	0.89	0.00	0.44	23.64	-23.64	0.00	-23.64	0.00	11.98	11.98	3.95	0.00	3.95	0.039	39.430
Jul	I	15	0.00	52.21	236.95	0.81	0.00	0.40	21.11	-21.11	0.00	-21.11	0.00	8.02	8.02	2.65	0.00	2.65	0.026	26.418
	II	16	0.00	56.16	215.84	0.74	0.00	0.37	20.68	-20.68	0.00	-20.68	0.00	5.38	5.38	1.77	0.00	1.77	0.017	16.594
Ags	I	15	0.00	57.77	195.15	0.67	0.00	0.33	19.24	-19.24	0.00	-19.24	0.00	3.60	3.60	1.19	0.00	1.19	0.012	11.859
	II	16	0.00	62.08	175.92	0.60	0.00	0.30	18.64	-18.64	0.00	-18.64	0.00	2.41	2.41	0.80	0.00	0.80	0.007	7.449
Sep	I	15	0.00	60.47	157.28	0.54	0.00	0.27	16.23	-16.23	0.00	-16.23	0.00	1.62	1.62	0.53	0.00	0.53	0.005	5.324
	II	15	0.00	61.91	141.05	0.48	0.00	0.24	14.90	-14.90	0.00	-14.90	0.00	1.08	1.08	0.36	0.00	0.36	0.004	3.567
Okt	I	15	0.00	81.96	126.15	0.43	0.00	0.22	17.64	-17.64	0.00	-17.64	0.00	0.73	0.73	0.24	0.00	0.24	0.002	2.390
	II	16	0.00	90.01	108.51	0.37	0.00	0.19	16.67	-16.67	0.00	-16.67	0.00	0.49	0.49	0.16	0.00	0.16	0.002	1.501
Nop	I	15	53.40	85.27	91.84	0.31	0.63	0.68	58.39	-4.99	0.00	-4.99	0.00	0.33	0.33	0.11	0.00	0.11	0.001	1.073
	II	15	197.40	65.51	86.85	0.30	3.01	1.00	65.51	131.89	7.46	124.44	4.85	0.22	5.07	1.67	2.61	4.28	0.043	42.723
Des	I	15	246.40	70.62	211.28	0.72	3.49	1.00	70.62	175.78	43.38	132.40	28.20	3.39	31.59	10.43	15.18	25.61	0.255	255.497
	II	16	167.40	70.33	343.68	1.17	2.38	1.00	70.33	97.07	64.68	32.39	42.04	21.17	63.21	20.86	22.64	43.50	0.407	406.836

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

## Keterangan:

1. Bulan/periode
2. Banyak Hari
3. Data Hujan
4. Evaporasi Potensial
5. Tampungan Kelengasan Awal (*trial*)
6. Tampungan Kelengasan Tanahya
7. [3]/[4]
8. Rasio penguapan
9. [4] × [8]
10. [3] - [9]
11. Jika [10] < 0 maka  $0.5 \times (1 + \tanh((2 \times [6]) - 2)) \times [10]$
12. [10] - [11]
13.  $P1(0.65) \times [11]$
14. Trial Tampungan Air Tanah Awal
15. [13] × [14]
16.  $P2(0.33) \times [15]$
17. [11]-[13]
18. [16] + [17]
19.  $([18]/1000) \times (A \times 1000000) / [2] \times 24 \times 60 \times 60$
20. [19] × 1000

Tabel 4.8 Perhitungan Model Nreca Tahun 2008

Bulan	Shari	Hujan mm	PET mm	SMS mm	Sr	P/PET	AET/PET	AET mm	P - AET	excm	D <sub>Storage</sub> mm	Rech mm	GWS <sub>awal</sub> mm	GWS <sub>akhir</sub> mm	GF mm	DF mm	Saliran <sub>model</sub> mm	Q <sub>model</sub> m <sup>3</sup> /detik	Q <sub>model</sub> lt/detik	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	
Jan	I	15	210.10	66.88	376.07	1.28	3.14	1.00	66.88	143.22	108.35	34.87	70.43	42.35	112.78	37.22	37.92	75.14	0.750	749.660
	II	16	261.00	69.96	410.94	1.40	3.73	1.00	69.96	191.04	159.21	31.83	103.48	75.56	179.05	59.08	55.72	114.81	1.074	1073.822
Feb	I	15	220.10	47.05	442.77	1.51	4.68	1.00	47.05	173.05	153.21	19.84	99.59	119.96	219.55	72.45	53.62	126.07	1.258	1257.825
	II	13	247.30	58.33	462.61	1.58	4.24	1.00	58.33	188.97	171.98	16.98	111.79	147.10	258.89	85.43	60.19	145.63	1.676	1676.424
Mar	I	15	152.50	62.66	479.59	1.64	2.43	1.00	62.66	89.84	83.31	6.53	54.15	173.45	227.61	75.11	29.16	104.27	1.040	1040.283
	II	16	22.60	69.96	486.12	1.66	0.32	0.88	61.88	-39.28	0.00	-39.28	0.00	152.50	152.50	50.32	0.00	50.32	0.471	470.695
Apr	I	15	71.40	68.45	446.83	1.52	1.04	1.00	68.45	2.95	2.63	0.32	1.71	102.17	103.88	34.28	0.92	35.20	0.351	351.195
	II	15	0.00	70.82	447.15	1.53	0.00	0.76	54.04	-54.04	0.00	69.60	69.60	22.97	0.00	22.97	0.229	229.150		
Mei	I	15	0.00	58.24	393.12	1.34	0.00	0.67	39.07	-39.07	0.00	46.63	46.63	15.39	0.00	15.39	0.154	153.531		
	II	16	0.00	61.18	354.05	1.21	0.00	0.60	36.96	-36.96	0.00	31.24	31.24	10.31	0.00	10.31	0.096	96.436		
Jun	I	15	0.00	52.74	317.08	1.08	0.00	0.54	28.54	-28.54	0.00	20.93	20.93	6.91	0.00	6.91	0.069	68.920		
	II	15	0.00	53.16	288.55	0.98	0.00	0.49	26.17	-26.17	0.00	14.03	14.03	4.63	0.00	4.63	0.046	46.176		
Jul	I	15	0.00	52.21	262.37	0.90	0.00	0.45	23.37	-23.37	0.00	9.40	9.40	3.10	0.00	3.10	0.031	30.938		
	II	16	0.00	56.16	239.00	0.82	0.00	0.41	22.90	-22.90	0.00	6.30	6.30	2.08	0.00	2.08	0.019	19.433		
Ags	I	15	0.00	57.77	216.10	0.74	0.00	0.37	21.30	-21.30	0.00	4.22	4.22	1.39	0.00	1.39	0.014	13.888		
	II	16	0.00	62.08	194.79	0.66	0.00	0.33	20.64	-20.64	0.00	2.83	2.83	0.93	0.00	0.93	0.009	8.723		
Sep	I	15	2.10	60.47	174.16	0.59	0.03	0.32	19.45	-17.35	0.00	1.89	1.89	0.62	0.00	0.62	0.006	6.234		
	II	15	37.70	61.91	156.81	0.54	0.61	0.71	44.18	-6.48	0.00	-6.48	0.00	1.27	1.27	0.42	0.00	0.42	0.004	4.177
Okt	I	15	10.00	81.96	150.33	0.51	0.12	0.35	28.46	-18.46	0.00	0.85	0.85	0.28	0.00	0.28	0.003	2.799		
	II	16	0.00	90.01	131.87	0.45	0.00	0.23	20.26	-20.26	0.00	0.57	0.57	0.19	0.00	0.19	0.002	1.758		
Nop	I	15	0.00	85.27	111.62	0.38	0.00	0.19	16.24	-16.24	0.00	0.38	0.38	0.13	0.00	0.13	0.001	1.256		
	II	15	201.30	65.51	95.38	0.33	3.07	1.00	65.51	135.79	8.57	127.23	5.57	0.26	5.82	1.92	3.00	4.92	0.049	49.092
Des	I	15	182.80	70.62	222.60	0.76	2.59	1.00	70.62	112.18	31.03	81.15	20.17	3.90	24.07	7.94	10.86	18.81	0.188	187.622
	II	16	144.20	70.33	303.75	1.04	2.05	1.00	70.33	73.87	39.64	34.23	25.76	16.13	41.89	13.82	13.87	27.70	0.259	259.057

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Bulan/periode
2. Banyak Hari
3. Data Hujan
4. Evaporasi Potensial
5. Tampungan Kelengasan Awal (trial)
6. Tampungan Kelengasan Tanahya
7. [3]/[4]
8. Rasio penguapan
9. [4] × [8]
10. [3] - [9]
11. Jika [10] < 0 maka  $0.5 \times (1 + \tanh((2 \times [6]) - 2)) \times [10]$
12. [10] - [11]
13.  $P1(0.65) \times [11]$
14. Trial Tampungan Air Tanah Awal
15. [13] × [14]
16.  $P2(0.33) \times [15]$
17. [11]-[13]
18. [16] + [17]
19.  $([18]/1000) \times (A \times 1000000) / [2] \times 24 \times 60 \times 60$
20. [19] × 1000

Tabel 4.9 Perhitungan Model Nreca Tahun 2009

Bulan	Shari	Hujan mm	PET mm	SMS mm	Sr	P/PET	AET/PET	AET mm	P - AET mm	exem mm	D <sub>Storage</sub> mm	Rech mm	GWS <sub>awal</sub> mm	GWS <sub>akhir</sub> mm	GF mm	DF mm	Saliran <sub>model</sub> mm	Q <sub>model</sub> m <sup>3</sup> /detik	Q <sub>model</sub> lt/detik	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	
Jan	I	15	146.70	66.88	337.98	1.15	2.19	1.00	66.88	79.82	51.79	28.03	33.66	28.07	61.73	20.37	18.13	38.50	0.384	384.086
	II	16	149.00	69.96	366.02	1.25	2.13	1.00	69.96	79.04	57.73	21.31	37.52	41.36	78.88	26.03	20.20	46.23	0.432	432.450
Feb	I	15	102.40	47.05	387.33	1.32	2.18	1.00	47.05	55.35	43.38	11.97	28.19	52.85	81.05	26.74	15.18	41.93	0.418	418.296
	II	13	163.70	58.33	399.30	1.36	2.81	1.00	58.33	105.37	85.36	20.01	55.49	54.30	109.79	36.23	29.88	66.11	0.761	761.000
Mar	I	15	273.20	62.66	419.30	1.43	4.36	1.00	62.66	210.54	178.67	31.87	116.14	73.56	189.69	62.60	62.53	125.13	1.248	1248.432
	II	16	102.20	69.96	451.17	1.54	1.46	1.00	69.96	32.24	28.90	3.34	18.79	127.09	145.88	48.14	10.12	58.26	0.545	544.901
Apr	I	15	16.30	68.45	454.51	1.55	0.24	0.83	56.75	-40.45	0.00	-40.45	0.00	97.74	97.74	32.25	0.00	32.25	0.322	321.798
	II	15	0.00	70.82	414.06	1.41	0.00	0.71	50.04	-50.04	0.00	-50.04	0.00	65.49	65.49	21.61	0.00	21.61	0.216	215.605
Mei	I	15	0.00	58.24	364.02	1.24	0.00	0.62	36.18	-36.18	0.00	-36.18	0.00	43.88	43.88	14.48	0.00	14.48	0.144	144.455
	II	16	47.80	61.18	327.85	1.12	0.78	0.90	55.29	-7.49	0.00	-7.49	0.00	29.40	29.40	9.70	0.00	9.70	0.091	90.736
Jun	I	15	0.00	52.74	320.36	1.09	0.00	0.55	28.83	-28.83	0.00	-28.83	0.00	19.70	19.70	6.50	0.00	6.50	0.065	64.846
	II	15	0.00	53.16	291.53	0.99	0.00	0.50	26.44	-26.44	0.00	-26.44	0.00	13.20	13.20	4.35	0.00	4.35	0.043	43.447
Jul	I	15	0.00	52.21	265.08	0.90	0.00	0.45	23.61	-23.61	0.00	-23.61	0.00	8.84	8.84	2.92	0.00	2.92	0.029	29.109
	II	16	0.00	56.16	241.47	0.82	0.00	0.41	23.14	-23.14	0.00	-23.14	0.00	5.92	5.92	1.95	0.00	1.95	0.018	18.284
Ags	I	15	0.00	57.77	218.33	0.75	0.00	0.37	21.52	-21.52	0.00	-21.52	0.00	3.97	3.97	1.31	0.00	1.31	0.013	13.067
	II	16	0.00	62.08	196.81	0.67	0.00	0.34	20.85	-20.85	0.00	-20.85	0.00	2.66	2.66	0.88	0.00	0.88	0.008	8.208
Sep	I	15	0.00	60.47	175.96	0.60	0.00	0.30	18.16	-18.16	0.00	-18.16	0.00	1.78	1.78	0.59	0.00	0.59	0.006	5.866
	II	15	0.00	61.91	157.80	0.54	0.00	0.27	16.67	-16.67	0.00	-16.67	0.00	1.19	1.19	0.39	0.00	0.39	0.004	3.930
Okt	I	15	0.00	81.96	141.13	0.48	0.00	0.24	19.74	-19.74	0.00	-19.74	0.00	0.80	0.80	0.26	0.00	0.26	0.003	2.633
	II	16	0.00	90.01	121.39	0.41	0.00	0.21	18.65	-18.65	0.00	-18.65	0.00	0.54	0.54	0.18	0.00	0.18	0.002	1.654
Nop	I	15	3.00	85.27	102.75	0.35	0.04	0.20	17.42	-14.42	0.00	-14.42	0.00	0.36	0.36	0.12	0.00	0.12	0.001	1.182
	II	15	75.90	65.51	88.32	0.30	1.16	1.00	65.51	10.39	0.60	9.79	0.39	0.24	0.63	0.21	0.21	0.42	0.004	4.166
Des	I	15	150.20	70.62	98.12	0.33	2.13	1.00	70.62	79.58	5.20	74.38	3.38	0.42	3.80	1.25	1.82	3.07	0.031	30.674
	II	16	184.70	70.33	172.50	0.59	2.63	1.00	70.33	114.37	18.50	95.87	12.02	2.55	14.57	4.81	6.47	11.28	0.106	105.540

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

## Keterangan:

1. Bulan/periode
2. Banyak Hari
3. Data Hujan
4. Evaporasi Potensial
5. Tampungan Kelengasan Awal (trial)
6. Tampungan Kelengasan Tanahya
7. [3]/[4]
8. Rasio penguapan
9. [4] × [8]
10. [3] - [9]
11. Jika [10] < 0 maka  $0.5 \times (1 + \tanh((2 \times [6]) - 2)) \times [10]$
12. [10] - [11]
13.  $P1(0.65) \times [11]$
14. Trial Tamapungan Air Tanah Awal
15. [13] × [14]
16.  $P2(0.33) \times [15]$
17. [11]-[13]
18. [16] + [17]
19.  $([18]/1000) \times (A \times 1000000) / [2] \times 24 \times 60 \times 60$
20. [19] × 1000

Tabel 4.10 Perhitungan Model Nreca Tahun 2010

Bulan	Shari	Hujan mm	PET mm	SMS mm	Sr	P/PET	AET/PET	AET mm	P - AET mm	excm mm	D <sub>Storage</sub> mm	Rech mm	GWS <sub>awal</sub> mm	GWS <sub>akhir</sub> mm	GF mm	DF mm	Saliran <sub>model</sub> mm	Q <sub>model</sub> m <sup>3</sup> /detik	Q <sub>model</sub> lt/detik	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	
Jan	I	15	100.70	66.88	268.37	0.92	1.51	1.00	66.88	33.82	14.09	19.73	9.16	9.76	18.92	6.24	4.93	11.18	0.112	111.510
	II	16	137.60	69.96	288.10	0.98	1.97	1.00	69.96	67.64	32.68	34.95	21.24	12.68	33.92	11.19	11.44	22.63	0.212	211.695
Peb	I	15	47.50	47.05	323.05	1.10	1.01	1.00	47.05	0.45	0.27	0.18	0.17	22.73	22.90	7.56	0.09	7.65	0.076	76.343
	II	13	134.80	58.33	323.23	1.10	2.31	1.00	58.33	76.47	46.01	30.46	29.91	15.34	45.25	14.93	16.10	31.04	0.357	357.278
Mar	I	15	161.50	62.66	353.69	1.21	2.58	1.00	62.66	98.84	68.79	30.05	44.71	30.32	75.03	24.76	24.08	48.84	0.487	487.232
	II	16	208.90	69.96	383.74	1.31	2.99	1.00	69.96	138.94	107.72	31.22	70.02	50.27	120.29	39.70	37.70	77.40	0.724	723.919
Apr	I	15	209.60	68.45	414.96	1.42	3.06	1.00	68.45	141.15	118.69	22.46	77.15	80.59	157.74	52.05	41.54	93.60	0.934	933.784
	II	15	0.00	70.82	437.42	1.49	0.00	0.75	52.86	-52.86	0.00	105.69	105.69	34.88	0.00	34.88	0.348	347.957		
Mei	I	15	0.00	58.24	384.56	1.31	0.00	0.66	38.22	-38.22	0.00	70.81	70.81	23.37	0.00	23.37	0.233	233.131		
	II	16	0.00	61.18	346.34	1.18	0.00	0.59	36.16	-36.16	0.00	47.44	47.44	15.66	0.00	15.66	0.146	146.435		
Jun	I	15	0.00	52.74	310.18	1.06	0.00	0.53	27.92	-27.92	0.00	31.79	31.79	10.49	0.00	10.49	0.105	104.653		
	II	15	5.00	53.16	282.27	0.96	0.09	0.53	28.19	-23.19	0.00	21.30	21.30	7.03	0.00	7.03	0.070	70.117		
Jul	I	15	8.80	52.21	259.07	0.88	0.17	0.54	27.99	-19.19	0.00	14.27	14.27	4.71	0.00	4.71	0.047	46.979		
	II	16	0.00	56.16	239.88	0.82	0.00	0.41	22.99	-22.99	0.00	9.56	9.56	3.15	0.00	3.15	0.030	29.508		
Ags	I	15	8.30	57.77	216.89	0.74	0.14	0.46	26.61	-18.31	0.00	6.41	6.41	2.11	0.00	2.11	0.021	21.089		
	II	16	5.70	62.08	198.59	0.68	0.09	0.40	24.81	-19.11	0.00	4.29	4.29	1.42	0.00	1.42	0.013	13.246		
Sep	I	15	0.00	60.47	179.48	0.61	0.00	0.31	18.52	-18.52	0.00	2.88	2.88	0.95	0.00	0.95	0.009	9.467		
	II	15	0.00	61.91	160.96	0.55	0.00	0.27	17.00	-17.00	0.00	1.93	1.93	0.64	0.00	0.64	0.006	6.343		
Okt	I	15	23.50	81.96	143.95	0.49	0.29	0.46	37.86	-14.36	0.00	1.29	1.29	0.43	0.00	0.43	0.004	4.250		
	II	16	82.80	90.01	129.59	0.44	0.92	0.94	84.40	-1.60	0.00	0.86	0.86	0.29	0.00	0.29	0.003	2.669		
Nop	I	15	0.00	85.27	128.00	0.44	0.00	0.22	18.62	-18.62	0.00	0.58	0.58	0.19	0.00	0.19	0.002	1.908		
	II	15	106.00	65.51	109.37	0.37	1.62	1.00	65.51	40.49	3.05	37.44	1.98	0.39	2.37	0.78	1.07	1.85	0.018	18.468
Des	I	15	89.50	70.62	146.82	0.50	1.27	1.00	70.62	18.88	2.26	16.62	1.47	1.59	3.06	1.01	0.79	1.80	0.018	17.955
	II	16	130.20	70.33	163.44	0.56	1.85	1.00	70.33	59.87	8.72	51.15	5.67	2.05	7.72	2.55	3.05	5.60	0.052	52.373

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Bulan/periode
2. Banyak Hari
3. Data Hujan
4. Evaporasi Potensial
5. Tampungan Kelengasan Awal (trial)
6. Tampungan Kelengasan Tanahya
7. [3]/[4]
8. Rasio penguapan
9. [4] × [8]
10. [3] - [9]
11. Jika [10] < 0 maka  $0.5 \times (1 + \tanh((2 \times [6]) - 2)) \times [10]$
12. [10] - [11]
13.  $P1 (0.65) \times [11]$
14. Trial Tamapungan Air Tanah Awal
15. [13] × [14]
16.  $P2 (0.33) \times [15]$
17. [11]-[13]
18. [16] + [17]
19.  $([18]/1000) \times (A \times 1000000) / [2] \times 24 \times 60 \times 60$
20. [19] × 1000

Tabel 4.11 Perhitungan Model Nreca Tahun 2011

Bulan	Shari	Hujan mm	PET mm	SMS mm	Sr	P/PET	AET/PET	AET mm	P - AET mm	excm mm	D <sub>Storage</sub> mm	Rech mm	GWS <sub>awal</sub> mm	GWS <sub>akhir</sub> mm	GF mm	DF mm	Saliran <sub>model</sub> mm	Q <sub>model</sub> m <sup>3</sup> /detik	Q <sub>model</sub> lt/detik	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	
Jan	I	15	263.90	66.88	214.58	0.73	3.95	1.00	66.88	197.02	50.29	146.73	32.69	5.17	37.86	12.49	17.60	30.10	0.300	300.277
	II	16	297.70	69.96	361.31	1.23	4.26	1.00	69.96	227.74	163.41	64.33	106.22	25.37	131.58	43.42	57.19	100.62	0.941	941.094
Peb	I	15	124.70	47.05	425.64	1.45	2.65	1.00	47.05	77.65	66.73	109.2	43.38	88.16	131.54	43.41	23.36	66.76	0.666	666.084
Mar	I	15	114.10	62.66	459.59	1.57	1.82	1.00	62.66	51.44	46.64	4.80	30.31	130.22	160.54	52.98	16.32	69.30	0.691	691.402
Apr	I	15	48.20	68.45	487.13	1.66	0.70	0.95	65.03	-16.83	0.00	-16.83	0.00	174.84	174.84	57.70	0.00	57.70	0.576	575.640
	II	15	42.00	70.82	470.30	1.61	0.59	0.92	65.13	-23.13	0.00	-23.13	0.00	117.14	117.14	38.66	0.00	38.66	0.386	385.679
Mei	I	15	91.80	58.24	447.17	1.53	1.58	1.00	58.24	33.56	29.91	3.65	19.44	78.49	97.93	32.32	10.47	42.79	0.427	426.860
	II	16	28.40	61.18	450.82	1.54	0.46	0.88	53.62	-25.22	0.00	-25.22	0.00	65.61	65.61	21.65	0.00	21.65	0.203	202.517
Jun	I	15	0.00	52.74	425.60	1.45	0.00	0.73	38.30	-38.30	0.00	-38.30	0.00	43.96	43.96	14.51	0.00	14.51	0.145	144.732
	II	15	11.00	53.16	387.30	1.32	0.21	0.73	38.86	-27.86	0.00	-27.86	0.00	29.45	29.45	9.72	0.00	9.72	0.097	96.970
Jul	I	15	0.00	52.21	359.44	1.23	0.00	0.61	32.02	-32.02	0.00	-32.02	0.00	19.73	19.73	6.51	0.00	6.51	0.065	64.970
	II	16	0.00	56.16	327.42	1.12	0.00	0.56	31.38	-31.38	0.00	-31.38	0.00	13.22	13.22	4.36	0.00	4.36	0.041	40.809
Ags	I	15	0.00	57.77	296.04	1.01	0.00	0.51	29.18	-29.18	0.00	-29.18	0.00	8.86	8.86	2.92	0.00	2.92	0.029	29.165
	II	16	0.00	62.08	266.86	0.91	0.00	0.46	28.27	-28.27	0.00	-28.27	0.00	5.94	5.94	1.96	0.00	1.96	0.018	18.319
Sep	I	15	0.00	60.47	238.59	0.81	0.00	0.41	24.62	-24.62	0.00	-24.62	0.00	3.98	3.98	1.31	0.00	1.31	0.013	13.092
	II	15	7.30	61.91	213.97	0.73	0.12	0.44	27.24	-19.94	0.00	-19.94	0.00	2.66	2.66	0.88	0.00	0.88	0.009	8.772
Okt	I	15	0.00	81.96	194.03	0.66	0.00	0.33	27.14	-27.14	0.00	-27.14	0.00	1.79	1.79	0.59	0.00	0.59	0.006	5.877
	II	16	0.00	90.01	166.89	0.57	0.00	0.28	25.63	-25.63	0.00	-25.63	0.00	1.20	1.20	0.39	0.00	0.39	0.004	3.692
Nop	I	15	21.70	85.27	141.26	0.48	0.25	0.43	37.02	-15.32	0.00	-15.32	0.00	0.80	0.80	0.26	0.00	0.26	0.003	2.638
	II	15	7.70	65.51	125.93	0.43	0.12	0.31	20.12	-12.42	0.00	-12.42	0.00	0.54	0.54	0.18	0.00	0.18	0.002	1.768
Des	I	15	61.10	70.62	113.51	0.39	0.87	0.89	62.94	-1.84	0.00	-1.84	0.00	0.36	0.36	0.12	0.00	0.12	0.001	1.184
	II	16	226.60	70.33	111.67	0.38	3.22	1.00	70.33	156.27	12.12	144.14	7.88	0.24	8.12	2.68	4.24	6.92	0.065	64.759

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

## Keterangan:

1. Bulan/periode
5. Tampungan Kelengasan Awal (trial) 9. [4] × [8]
2. Banyak Hari 10. [3] - [9]
3. Data Hujan 11. Jika [10] < 0 maka  $0.5 \times (1 + \tanh((2 \times [6]) - 2)) \times [10]$
4. Evaporasi Potensial 12. [10] - [11]
13. P1 (0.65) × [11]
14. Trial Tamapungan Air Tanah Awal 17. [11]-[13]
15. [13] × [14] 18. [16] + [17]
16. Rasio penguapan 19. ([18]/1000) × (A×1000000)/[2]×24×60×60
17. [19] × 1000 20. [19] × 1000

Tabel 4.12 Perhitungan Model Nreca Tahun 2012

Bulan	Shari	Hujan mm	PET mm	SMS mm	Sr	P/PET	AET/PET	AET mm	P - AET mm	excm mm	D <sub>Storage</sub> mm	Rech mm	GWS <sub>awal</sub> mm	GWS <sub>akhir</sub> mm	GF mm	DF mm	Saliran <sub>model</sub> mm	Q <sub>model</sub> m <sup>3</sup> /detik	Q <sub>model</sub> lt/detik	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	
Jan	I	15	69.20	66.88	255.81	0.87	1.03	1.00	66.88	2.32	0.87	1.45	0.57	5.44	6.01	1.98	0.31	2.29	0.023	22.828
	II	16	46.70	69.96	257.26	0.88	0.67	0.81	56.91	-10.21	0.00	-10.21	0.00	4.03	4.03	1.33	0.00	1.33	0.012	12.426
Peb	I	15	190.00	47.05	247.05	0.84	4.04	1.00	47.05	142.95	49.76	93.19	32.34	2.70	35.04	11.56	17.41	28.98	0.289	289.107
	II	14	75.20	58.33	340.24	1.16	1.29	1.00	58.33	16.87	11.06	5.81	7.19	23.48	30.67	10.12	3.87	13.99	0.150	149.570
Mar	I	15	148.60	62.66	346.05	1.18	2.37	1.00	62.66	85.94	57.88	28.06	37.62	20.55	58.17	19.19	20.26	39.45	0.394	393.603
	II	16	146.80	69.96	374.11	1.28	2.10	1.00	69.96	76.84	57.75	19.09	37.54	38.97	76.51	25.25	20.21	45.46	0.425	425.213
Apr	I	15	84.50	68.45	393.20	1.34	1.23	1.00	68.45	16.05	12.79	3.26	8.31	51.26	59.58	19.66	4.48	24.14	0.241	240.817
	II	15	56.90	70.82	396.46	1.35	0.80	0.94	66.32	-9.42	0.00	-9.42	0.00	39.92	39.92	13.17	0.00	13.17	0.131	131.419
Mei	I	15	0.00	58.24	387.04	1.32	0.00	0.66	38.47	-38.47	0.00	-38.47	0.00	26.74	26.74	8.83	0.00	8.83	0.088	88.051
	II	16	24.70	61.18	348.57	1.19	0.40	0.76	46.40	-21.70	0.00	-21.70	0.00	17.92	17.92	5.91	0.00	5.91	0.055	55.307
Jun	I	15	0.00	52.74	326.87	1.12	0.00	0.56	29.42	-29.42	0.00	-29.42	0.00	12.01	12.01	3.96	0.00	3.96	0.040	39.526
	II	15	28.80	53.16	297.45	1.02	0.54	0.77	41.16	-12.36	0.00	-12.36	0.00	8.04	8.04	2.65	0.00	2.65	0.026	26.482
Jul	I	15	0.00	52.21	285.09	0.97	0.00	0.49	25.40	-25.40	0.00	-25.40	0.00	5.39	5.39	1.78	0.00	1.78	0.018	17.743
	II	16	0.00	56.16	259.69	0.89	0.00	0.44	24.89	-24.89	0.00	-24.89	0.00	3.61	3.61	1.19	0.00	1.19	0.011	11.145
Ags	I	15	0.00	57.77	234.81	0.80	0.00	0.40	23.15	-23.15	0.00	-23.15	0.00	2.42	2.42	0.80	0.00	0.80	0.008	7.965
	II	16	0.00	62.08	211.66	0.72	0.00	0.36	22.42	-22.42	0.00	-22.42	0.00	1.62	1.62	0.53	0.00	0.53	0.005	5.003
Sep	I	15	0.00	60.47	189.24	0.65	0.00	0.32	19.53	-19.53	0.00	-19.53	0.00	1.09	1.09	0.36	0.00	0.36	0.004	3.575
	II	15	0.00	61.91	169.71	0.58	0.00	0.29	17.93	-17.93	0.00	-17.93	0.00	0.73	0.73	0.24	0.00	0.24	0.002	2.396
Okt	I	15	0.00	81.96	151.78	0.52	0.00	0.26	21.23	-21.23	0.00	-21.23	0.00	0.49	0.49	0.16	0.00	0.16	0.002	1.605
	II	16	13.20	90.01	130.55	0.45	0.15	0.34	30.31	-17.11	0.00	-17.11	0.00	0.33	0.33	0.11	0.00	0.11	0.001	1.008
Nop	I	15	34.50	85.27	113.44	0.39	0.40	0.52	44.33	-9.83	0.00	-9.83	0.00	0.22	0.22	0.07	0.00	0.07	0.001	0.720
	II	15	9.80	65.51	103.61	0.35	0.15	0.30	19.65	-9.85	0.00	-9.85	0.00	0.15	0.15	0.05	0.00	0.05	0.000	0.483
Des	I	15	161.70	70.62	93.76	0.32	2.29	1.00	70.62	91.08	5.63	85.45	3.66	0.10	3.76	1.24	1.97	3.21	0.032	32.026
	II	16	144.40	70.33	179.22	0.61	2.05	1.00	70.33	74.07	12.93	61.14	8.41	2.52	10.92	3.60	4.53	8.13	0.076	76.045

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Bulan/periode
2. Banyak Hari
3. Data Hujan
4. Evaporasi Potensial
5. Tampungan Kelengesan Awal (trial)
6. Tampungan Kelengesan Tanah
7. [3]/[4]
8. Rasio penguapan
9. [4] × [8]
10. [3] - [9]
11. Jika [10] < 0 maka  $0.5 \times (1 + \tanh((2 \times [6]) - 2)) \times [10]$
12. [10] - [11]
13.  $P1 (0.65) \times [11]$
14. Trial Tampungan Air Tanah Awal
15. [13] × [14]
16.  $P2 (0.33) \times [15]$
17. [11]-[13]
18. [16] + [17]
19.  $((18)/1000) \times (A \times 1000000) / [2] \times 24 \times 60 \times 60$
20. [19] × 1000

Tabel 4.13 Perhitungan Model Nreca Tahun 2013

Bulan	Shari	Hujan mm	PET mm	SMS mm	Sr	P/PET	AET/PET	AET mm	P - AET mm	excm mm	D <sub>Storage</sub> mm	Rech mm	GWS <sub>awal</sub> mm	GWS <sub>akhir</sub> mm	GF mm	DF mm	Saliran <sub>model</sub> mm	Q <sub>model</sub> m <sup>3</sup> /detik	Q <sub>model</sub> lt/detik	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	
Jan	I	15	36.80	66.88	240.35	0.82	0.55	0.73	49.14	-12.34	0.00	-12.34	0.00	7.32	7.32	2.41	0.00	2.41	0.024	24.094
	II	16	112.60	69.96	228.02	0.78	1.61	1.00	69.96	42.64	12.44	30.20	8.08	4.90	12.99	4.29	4.35	8.64	0.081	80.792
Feb	I	15	121.70	47.05	258.22	0.88	2.59	1.00	47.05	74.65	28.62	46.03	18.60	8.70	27.30	9.01	10.02	19.03	0.190	189.841
	II	13	77.60	58.33	304.24	1.04	1.33	1.00	58.33	19.27	10.37	8.90	6.74	18.29	25.04	8.26	3.63	11.89	0.137	136.896
Mar	I	15	100.20	62.66	313.14	1.07	1.60	1.00	62.66	37.54	21.33	16.21	13.86	16.77	30.64	10.11	7.47	17.58	0.175	175.359
	II	16	181.00	69.96	329.35	1.12	2.59	1.00	69.96	111.04	69.01	42.03	44.86	20.53	65.39	21.58	24.15	45.73	0.428	427.749
Apr	I	15	99.80	68.45	371.38	1.27	1.46	1.00	68.45	31.35	23.34	8.01	15.17	43.81	58.98	19.46	8.17	27.63	0.276	275.695
	II	15	2.20	70.82	379.39	1.29	0.03	0.66	46.62	-44.42	0.00	-44.42	0.00	39.52	39.52	13.04	0.00	13.04	0.130	130.106
Mei	I	15	0.00	58.24	334.96	1.14	0.00	0.57	33.29	-33.29	0.00	-33.29	0.00	26.48	26.48	8.74	0.00	8.74	0.087	87.171
	II	16	0.00	61.18	301.67	1.03	0.00	0.51	31.50	-31.50	0.00	-31.50	0.00	17.74	17.74	5.85	0.00	5.85	0.055	54.754
Jun	I	15	0.00	52.74	270.18	0.92	0.00	0.46	24.32	-24.32	0.00	-24.32	0.00	11.89	11.89	3.92	0.00	3.92	0.039	39.131
	II	15	0.00	53.16	245.86	0.84	0.00	0.42	22.30	-22.30	0.00	-22.30	0.00	7.96	7.96	2.63	0.00	2.63	0.026	26.218
Jul	I	15	0.00	52.21	223.56	0.76	0.00	0.38	19.92	-19.92	0.00	-19.92	0.00	5.34	5.34	1.76	0.00	1.76	0.018	17.566
	II	16	0.00	56.16	203.64	0.69	0.00	0.35	19.52	-19.52	0.00	-19.52	0.00	3.57	3.57	1.18	0.00	1.18	0.011	11.034
Ags	I	15	1.50	57.77	184.13	0.63	0.03	0.33	19.18	-17.68	0.00	-17.68	0.00	2.40	2.40	0.79	0.00	0.79	0.008	7.885
	II	16	0.00	62.08	166.45	0.57	0.00	0.28	17.63	-17.63	0.00	-17.63	0.00	1.60	1.60	0.53	0.00	0.53	0.005	4.953
Sep	I	15	0.00	60.47	148.82	0.51	0.00	0.25	15.36	-15.36	0.00	-15.36	0.00	1.08	1.08	0.35	0.00	0.35	0.004	3.540
	II	15	23.00	61.91	133.46	0.46	0.37	0.51	31.86	-8.86	0.00	-8.86	0.00	0.72	0.72	0.24	0.00	0.24	0.002	2.372
Okt	I	15	10.00	81.96	124.60	0.43	0.12	0.31	25.30	-15.30	0.00	-15.30	0.00	0.48	0.48	0.16	0.00	0.16	0.002	1.589
	II	16	46.60	90.01	109.30	0.37	0.52	0.61	54.70	-8.10	0.00	-8.10	0.00	0.32	0.32	0.11	0.00	0.11	0.001	0.998
Nop	I	15	94.80	85.27	101.20	0.35	1.11	1.00	85.27	9.53	0.65	8.88	0.42	0.22	0.64	0.21	0.23	0.44	0.004	4.361
	II	15	205.00	65.51	110.09	0.38	3.13	1.00	65.51	139.49	10.61	128.88	6.90	0.43	7.32	2.42	3.71	6.13	0.061	61.156
Des	I	15	200.70	70.62	238.97	0.82	2.84	1.00	70.62	130.08	42.08	88.00	27.35	4.91	32.26	10.65	14.73	25.37	0.253	253.140
	II	16	186.70	70.33	326.97	1.12	2.65	1.00	70.33	116.37	71.43	44.94	46.43	21.61	68.04	22.45	25.00	47.46	0.444	443.869

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

## Keterangan:

- Bulan/periode
- Banyak Hari
- Data Hujan
- Evaporasi Potensial
- Tampungan Kelengasan Awal (trial)
- Tampungan Kelengasan Tanah
- $\frac{1}{3} / [4] \times [8]$
- $[7] / [3] \times [4]$
- $[10] / [3] \times [9]$
- $[11] / [3] \times [10]$
- $[13] / P1 (0.65) \times [11]$
- $[14] / Trial Tampungan Air Tanah Awal$
- $[15] / [13] \times [14]$
- $[16] / P2 (0.33) \times [15]$
- $[17] / [11]-[13]$
- $[18] / [16] + [17]$
- $[19] / ([18]/1000) \times (A \times 1000000) / [2] \times 24 \times 60 \times 60$
- $[20] / [19] \times 1000$

Tabel 4.14 Perhitungan Model Nreca Tahun 2014

Bulan		Shari	Hujan mm	PET mm	SMS mm	Sr	P/PET	AET/PET	AET mm	P - AET mm	exem mm	D <sub>Storage</sub> mm	Rech mm	GWS <sub>awal</sub> mm	GWS <sub>akhir</sub> mm	GF mm	DF mm	Saliran <sub>model</sub> mm	Q <sub>model</sub> m <sup>3</sup> /detik	Q <sub>model</sub> lt/detik
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	
Jan	I	15	147.80	66.88	371.91	1.27	2.21	1.00	66.88	80.92	60.36	20.56	39.23	45.59	84.82	27.99	21.13	49.12	0.490	490.044
	II	16	77.00	69.96	392.47	1.34	1.10	1.00	69.96	7.04	5.60	1.44	3.64	56.83	60.47	19.95	1.96	21.91	0.205	204.965
Peb	I	15	338.00	47.05	393.91	1.34	7.18	1.00	47.05	290.95	232.34	58.61	151.02	40.51	191.53	63.21	81.32	144.52	1.442	1441.894
	II	13	237.10	58.33	452.52	1.54	4.06	1.00	58.33	178.77	160.57	18.20	104.37	128.33	232.70	76.79	56.20	132.99	1.531	1530.950
Mar	I	15	71.50	62.66	470.72	1.61	1.14	1.00	62.66	8.84	8.12	0.72	5.28	155.91	161.19	53.19	2.84	56.03	0.559	559.034
	II	16	80.60	69.96	471.44	1.61	1.15	1.00	69.96	10.64	9.78	0.86	6.36	107.99	114.35	37.74	3.42	41.16	0.385	384.998
Apr	I	15	61.40	68.45	472.29	1.61	0.90	0.98	67.08	-5.68	0.00	-5.68	0.00	76.62	76.62	25.28	0.00	25.28	0.252	252.253
	II	15	0.00	70.82	466.61	1.59	0.00	0.80	56.39	-56.39	0.00	-56.39	0.00	51.33	51.33	16.94	0.00	16.94	0.169	169.009
Mei	I	15	0.00	58.24	410.22	1.40	0.00	0.70	40.77	-40.77	0.00	-40.77	0.00	34.39	34.39	11.35	0.00	11.35	0.113	113.236
	II	16	0.00	61.18	369.45	1.26	0.00	0.63	38.57	-38.57	0.00	-38.57	0.00	23.04	23.04	7.60	0.00	7.60	0.071	71.126
Jun	I	15	0.00	52.74	330.88	1.13	0.00	0.56	29.78	-29.78	0.00	-29.78	0.00	15.44	15.44	5.09	0.00	5.09	0.051	50.832
	II	15	0.00	53.16	301.10	1.03	0.00	0.51	27.31	-27.31	0.00	-27.31	0.00	10.34	10.34	3.41	0.00	3.41	0.034	34.057
Jul	I	15	0.00	52.21	273.79	0.93	0.00	0.47	24.39	-24.39	0.00	-24.39	0.00	6.93	6.93	2.29	0.00	2.29	0.023	22.818
	II	16	0.00	56.16	249.40	0.85	0.00	0.43	23.90	-23.90	0.00	-23.90	0.00	4.64	4.64	1.53	0.00	1.53	0.014	14.333
Ags	I	15	0.00	57.77	225.50	0.77	0.00	0.38	22.23	-22.23	0.00	-22.23	0.00	3.11	3.11	1.03	0.00	1.03	0.010	10.243
	II	16	0.00	62.08	203.27	0.69	0.00	0.35	21.53	-21.53	0.00	-21.53	0.00	2.08	2.08	0.69	0.00	0.69	0.006	6.434
Sep	I	15	0.00	60.47	181.74	0.62	0.00	0.31	18.75	-18.75	0.00	-18.75	0.00	1.40	1.40	0.46	0.00	0.46	0.005	4.598
	II	15	14.00	61.91	162.98	0.56	0.23	0.44	27.32	-13.32	0.00	-13.32	0.00	0.94	0.94	0.31	0.00	0.31	0.003	3.081
Okt	I	15	7.00	81.96	149.66	0.51	0.09	0.32	26.14	-19.14	0.00	-19.14	0.00	0.63	0.63	0.21	0.00	0.21	0.002	2.064
	II	16	3.10	90.01	130.51	0.45	0.03	0.25	22.46	-19.36	0.00	-19.36	0.00	0.42	0.42	0.14	0.00	0.14	0.001	1.297
Nop	I	15	40.60	85.27	111.16	0.38	0.48	0.58	49.07	-8.47	0.00	-8.47	0.00	0.28	0.28	0.09	0.00	0.09	0.001	0.927
	II	15	57.50	65.51	102.69	0.35	0.88	0.90	58.90	-1.40	0.00	-1.40	0.00	0.19	0.19	0.06	0.00	0.06	0.001	0.621
Des	I	15	171.60	70.62	101.28	0.35	2.43	1.00	70.62	100.98	6.87	94.11	4.47	0.13	4.59	1.52	2.40	3.92	0.039	39.105
	II	16	88.80	70.33	195.39	0.67	1.26	1.00	70.33	18.47	3.85	14.61	2.51	3.08	5.58	1.84	1.35	3.19	0.030	29.849

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

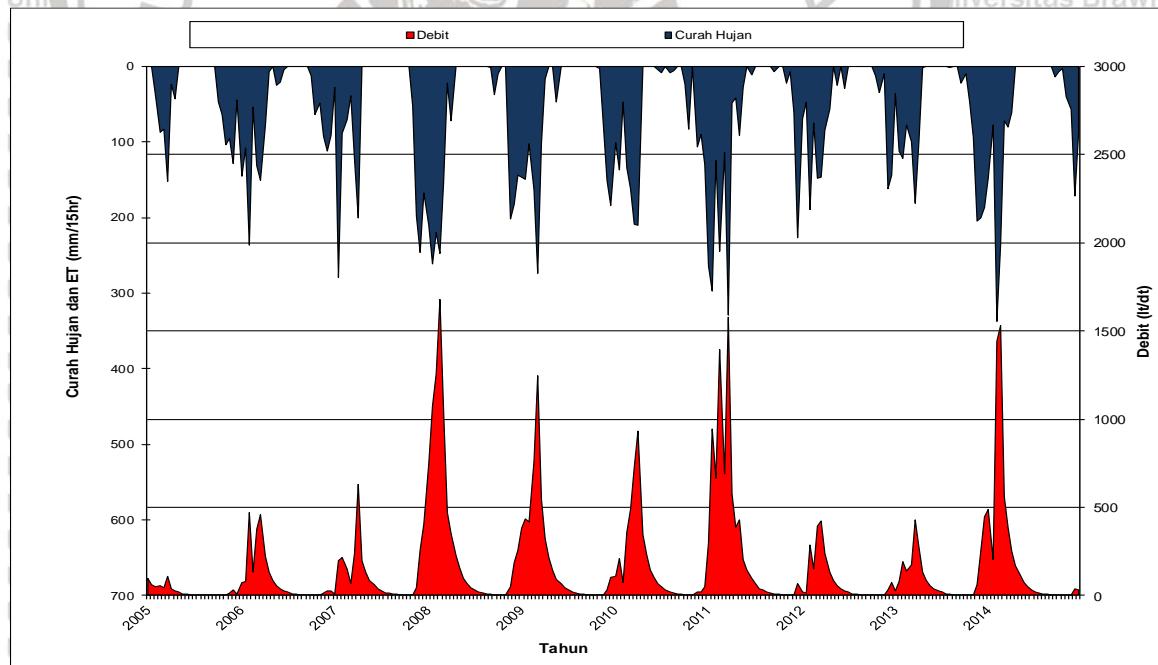
Keterangan:

- 1. Bulan/periode
- 5. Tampungan Kelengasan Awal (*trial*) 9. [4] × [8]
- 6. Tampungan Kelengasan Tanah 10. [3] - [9]
- 7. [3]/[4]
- 8. Rasio penguapan
- 13. P1 (0.65) × [11]
- 14. Trial Tampungan Air Tanah Awal
- 11. Jika [10] < 0 maka  $0.5 \times (1 + \tanh((2 \times [6]) - 2)) \times [10]$  15. [13] × [14]
- 12. [10] - [11]
- 16. P2 (0.33) × [15]
- 17. [11]-[13]
- 18. [16] + [17]
- 19. ([18]/1000) × (A × 1000000)/[2] × 24 × 60 × 60
- 20. [19] × 1000

Tabel 4.15 Rekapitulasi Perhitungan Model Nreca Tahun 2005-2014

Bulan	Periode	Debit (lt/dtk)									
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	1	98.771	71.701	10.803	749.660	384.086	111.510	300.277	22.828	24.094	490.044
	2	62.040	80.347	199.854	1073.822	432.450	211.695	941.094	12.426	80.792	204.965
Februari	1	47.505	472.188	217.765	1257.825	418.296	76.343	666.084	289.107	189.841	1441.894
	2	53.231	133.782	150.314	1676.424	761.000	357.278	1396.859	149.570	136.896	1530.950
Maret	1	44.555	375.348	66.081	1040.283	1248.432	487.232	691.402	393.603	175.359	559.034
	2	108.544	459.576	238.766	470.695	544.901	723.919	1578.032	425.213	427.749	384.998
April	1	38.501	222.877	632.779	351.195	321.798	933.784	575.640	240.817	275.695	252.253
	2	25.795	131.074	195.673	229.150	215.605	347.957	385.679	131.419	130.106	169.009
Mei	1	17.283	87.820	131.101	153.531	144.455	233.131	426.860	88.051	87.171	113.236
	2	10.856	55.162	82.348	96.436	90.736	146.435	202.517	55.307	54.754	71.126
Juni	1	7.758	39.422	58.851	68.920	64.846	104.653	144.732	39.526	39.131	50.832
	2	5.198	26.413	39.430	46.176	43.447	70.117	96.970	26.482	26.218	34.057
Juli	1	3.483	17.697	26.418	30.938	29.109	46.979	64.970	17.743	17.566	22.818
	2	2.188	11.116	16.594	19.433	18.284	29.508	40.809	11.145	11.034	14.333
Agustus	1	1.563	7.944	11.859	13.888	13.067	21.089	29.165	7.965	7.885	10.243
	2	0.982	4.990	7.449	8.723	8.208	13.246	18.319	5.003	4.953	6.434
September	1	0.702	3.566	5.324	6.234	5.866	9.467	13.092	3.575	3.540	4.598
	2	0.470	2.389	3.567	4.177	3.930	6.343	8.772	2.396	2.372	3.081
Oktober	1	0.315	1.601	2.390	2.799	2.633	4.250	5.877	1.605	1.589	2.064
	2	0.198	1.006	1.501	1.758	1.654	2.669	3.692	1.008	0.998	1.297
November	1	4.974	0.719	1.073	1.256	1.182	1.908	2.638	0.720	4.361	0.927
	2	11.510	12.466	42.723	49.092	4.166	18.468	1.768	0.483	61.156	0.621
Desember	1	31.133	28.500	255.497	187.622	30.674	17.955	1.184	32.026	253.140	39.105
	2	8.786	26.537	406.836	259.057	105.540	52.373	64.759	76.045	443.869	29.849

Sumber : Hasil Perhitungan, 2107



Gambar 4.1 Hubungan data hujan dengan hasil perhitungan data hujan menjadi Debit metode NRECA.

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017



Tabel 4.16 Rekapitulasi hasil Nreca dengan data yang diurutkan

No.	Tahun	Rata-rata Debit	Tahun	Rata-rata Debit Terturut	Probabilitas %	Probabilitas %	Tipikal Tahun
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	
1	2005	0.024	2008	0.324	9.091		
2	2006	0.095	2011	0.317	18.182		
3	2007	0.117	2014	0.226	27.273	26.02	Cukup
4	2008	0.324	2009	0.203	36.364		
5	2009	0.203	2010	0.167	45.455		
6	2010	0.167	2007	0.117	54.545	50.68	Normal
7	2011	0.317	2013	0.103	63.636		
8	2012	0.086	2006	0.095	72.727	75.34	Rendah
9	2013	0.103	2012	0.086	81.818	80	Andalan
10	2014	0.226	2005	0.024	90.909	97.3	Kering

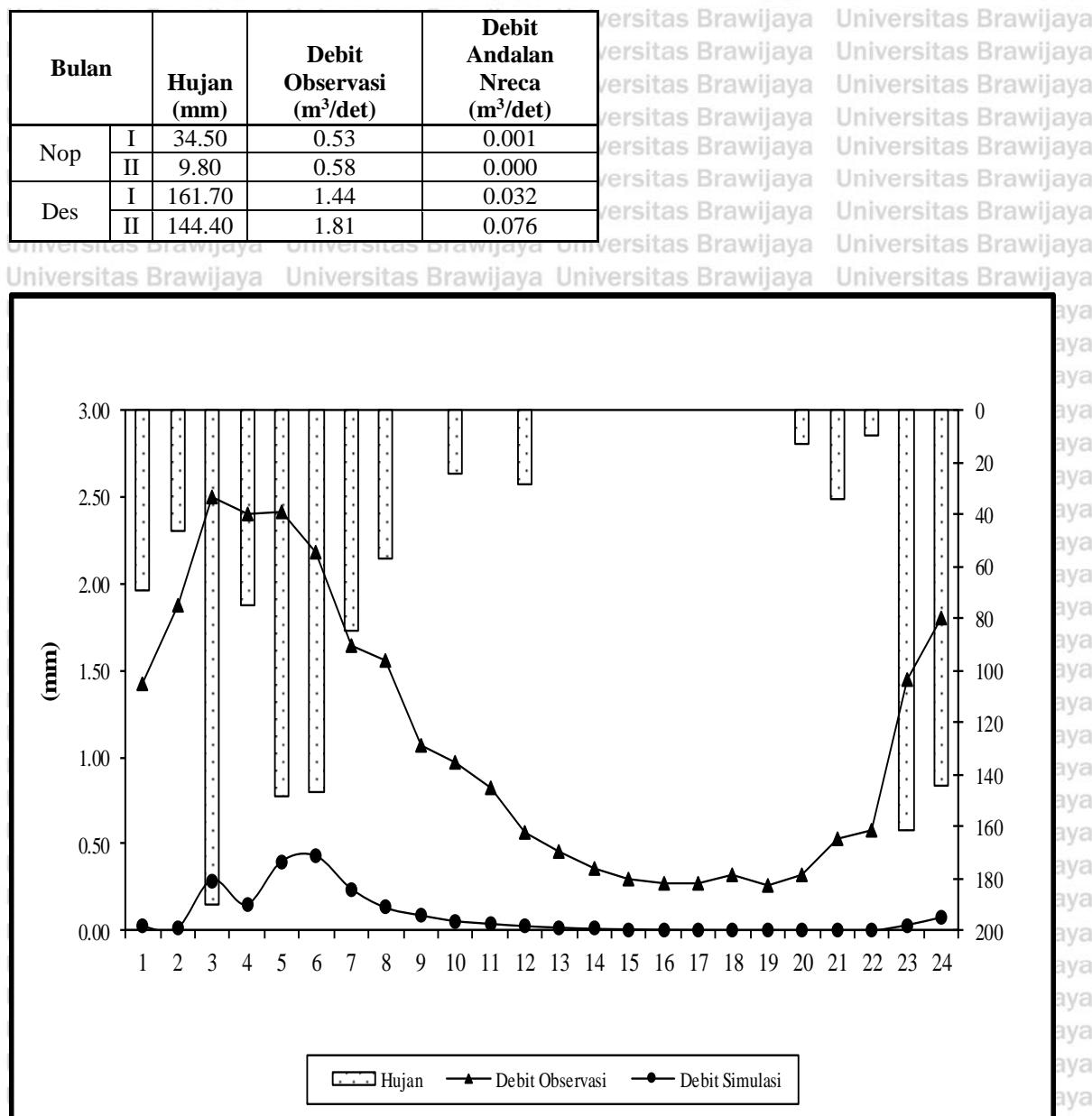
Sumber: Hasil Perhitungan

Kalibrasi hasil debit aliran rendah model Nreca dilakukan secara kualitatif dengan melihat trend dari hubungan antara curah hujan DAS Nangabangka dan debit observasi pada bendung Kenangi. Dikarenakan Data yang tersedia pada bendung kenangi hanya 3 tahun (2011-2013), hanya pada tahun 2012 atau pada kondisi keandalan 80% yang dikalibrasi.

Proses kalibrasi dilakukan untuk melihat trend antara debit hasil analisa Nreca dengan data curah hujan dan data observasi, jika sudah memiliki trend yang sama, dengan demikian debit hasil analisa Nreca dapat digunakan pada analisa selanjutnya.

Tabel 4.17 Data Curah, data debit observasi, dan data debit andalan Nreca

Bulan		Hujan (mm)	Debit Observasi (m <sup>3</sup> /det)	Debit Andalan Nreca (m <sup>3</sup> /det)
Jan	I	69.20	1.42	0.023
	II	46.70	1.88	0.012
Feb	I	190.00	2.50	0.289
	II	75.20	2.41	0.150
Mar	I	148.60	2.41	0.394
	II	146.80	2.18	0.425
Apr	I	84.50	1.64	0.241
	II	56.90	1.55	0.131
Mei	I	0.00	1.07	0.088
	II	24.70	0.97	0.055
Jun	I	0.00	0.82	0.040
	II	28.80	0.57	0.026
Jul	I	0.00	0.46	0.018
	II	0.00	0.36	0.011
Ags	I	0.00	0.30	0.008
	II	0.00	0.27	0.005
Sep	I	0.00	0.27	0.004
	II	0.00	0.32	0.002
Okt	I	0.00	0.26	0.002
	II	13.20	0.32	0.001



Gambar 4.2 Perbandingan Debit andalan 80% Nreca, Data Hujan dan AWLR Bendung Kenangi.

#### 4.3.2 Pembangkitan Data Debit Sintetis metode Thomas Fiering

Pembangkitan Data debit sintetis dilakukan untuk memperpanjang data debit Nreca Sungai yang masuk *catchment area* Embung Tiu Pasai hingga Tahun 2028 menggunakan metode Thomas Fiering. tujuan prosesnya tidak berubah, dalam arti sifat statistik terhadap runtun data historis tetap atau tidak berubah terhadap waktu, maka sifat kejadiannya dapat atau bisa dipakai dalam pembuatan runtun data sintetis yang panjang, dimana hasil perhitungan adalah sebagai berikut:

Periode		Tahun													
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Jan	I	0.135	0.065	0.231	0.027	0.125	0.066	0.087	0.149	0.192	0.229	0.064	0.084	0.207	0.229
	II	0.166	0.120	0.249	0.091	0.164	0.223	0.084	0.042	0.189	0.126	0.186	0.179	0.214	0.065
Feb	I	0.212	0.049	0.180	0.143	0.081	0.078	0.078	0.248	0.109	0.150	0.149	0.038	0.143	0.167
	II	0.089	0.113	0.227	0.174	0.265	0.263	0.108	0.058	0.149	0.234	0.032	0.083	0.091	0.139
Mar	I	0.152	0.062	0.170	0.088	0.222	0.075	0.125	0.149	0.096	0.238	0.139	0.078	0.140	0.198
	II	0.170	0.136	0.063	0.245	0.112	0.168	0.069	0.130	0.140	0.087	0.060	0.170	0.240	0.238
Apr	I	0.110	0.247	0.184	0.177	0.218	0.220	0.198	0.177	0.040	0.040	0.071	0.254	0.244	0.070
	II	0.244	0.097	0.170	0.177	0.122	0.227	0.253	0.053	0.222	0.224	0.075	0.035	0.137	0.173
May	I	0.236	0.057	0.219	0.119	0.252	0.081	0.200	0.201	0.031	0.092	0.129	0.076	0.157	0.144
	II	0.245	0.274	0.255	0.241	0.175	0.202	0.214	0.205	0.077	0.252	0.107	0.236	0.237	0.145
Jun	I	0.258	0.143	0.087	0.235	0.129	0.214	0.204	0.150	0.097	0.102	0.190	0.123	0.098	0.234
	II	0.254	0.035	0.099	0.179	0.269	0.137	0.123	0.195	0.104	0.133	0.031	0.221	0.085	0.196
Jul	I	0.159	0.245	0.120	0.190	0.249	0.236	0.069	0.062	0.130	0.266	0.244	0.125	0.273	0.125
	II	0.075	0.160	0.130	0.057	0.160	0.219	0.048	0.150	0.148	0.077	0.196	0.255	0.142	0.151
Aug	I	0.067	0.148	0.041	0.207	0.087	0.076	0.271	0.176	0.166	0.028	0.191	0.155	0.229	0.074
	II	0.263	0.176	0.129	0.121	0.133	0.046	0.049	0.150	0.049	0.268	0.158	0.202	0.196	0.085
Sep	I	0.129	0.207	0.203	0.159	0.096	0.052	0.184	0.099	0.198	0.190	0.187	0.228	0.179	0.257
	II	0.100	0.256	0.053	0.081	0.175	0.051	0.150	0.122	0.183	0.161	0.210	0.269	0.179	0.178
Oct	I	0.176	0.156	0.149	0.144	0.239	0.070	0.197	0.157	0.232	0.256	0.108	0.061	0.144	0.148
	II	0.094	0.110	0.241	0.236	0.141	0.237	0.120	0.047	0.208	0.109	0.154	0.244	0.067	0.267
Nov	I	0.032	0.110	0.211	0.120	0.041	0.108	0.066	0.270	0.166	0.236	0.116	0.247	0.230	0.231
	II	0.073	0.220	0.062	0.097	0.103	0.128	0.078	0.217	0.141	0.190	0.152	0.132	0.167	0.087
Dec	I	0.135	0.233	0.265	0.080	0.209	0.174	0.035	0.101	0.208	0.151	0.189	0.087	0.037	0.118
	II	0.227	0.224	0.159	0.056	0.246	0.216	0.042	0.224	0.198	0.148	0.033	0.255	0.146	0.215

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.4 Kebutuhan Air Embung Tiu pasai

Embung Tiu Pasai direncanakan untuk menyediakan serta menyuplai air baku dan air irigasi dengan luas 15 ha dan akan disimulasikan dengan penambahan luas areal 17 ha dan Air Baku untuk sebagian penduduk di Kecamatan Lape sampai dengan tahun 2028. Areal Sawah dihilir embung Tiu Pasai dan *River Maintenance*, sehingga yang diperhitungkan adalah kebutuhan air bersih domestik.

##### 4.4.1 Kebutuhan Air Baku

Proyeksi kebutuhan air minum untuk Kecamatan Lape akan dibagi dalam beberapa klasifikasi pemakaian air sebagai berikut:

###### 1. Kebutuhan Air Rumah Tangga/ Domestik.

Penyediaan air minum untuk keperluan Rumah Tangga dihitung berdasarkan:

###### a. Jumlah penduduk.

b. Persentase jumlah penduduk yang akan dilayani.

###### c. Cakupan pelayanan.

d. Konsumsi pemakaian air (L/orang/hari)  
Pelayanan air minum untuk kebutuhan Rumah Tangga direncanakan dengan 2 (dua) jenis pelayanan, yaitu:

a. Dengan Sambungan Rumah (SR).

b. Dengan Hidran Umum (HU).

Kebutuhan air penduduk dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$KA_{(pd)} = \frac{PS_{(pd)} * 30}{1000}$$

dengan:

$KA_{(pd)}$  = Kebutuhan air untuk penduduk ( $m^3/bulan$ )

$P_{\text{ivers}}$  = Jumlah penduduk (jiwa)

$S_{(pd)}$  = Standar kebutuhan air penduduk (lt/jiwa/hari)

Setiap jamnya jumlah pemakaian air pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih tidak sama, begitu juga antara suatu hari dengan hari lainnya. Perbedaan tersebut terjadi dikarenakan kebutuhan air bersih pelanggan berubah berubah terus menerus yang dipengaruhi oleh faktor lokasi dan waktu. Kebutuhan air baku untuk Kecamatan Lape akan dipertimbangkan adanya perkembangan penduduk hingga tahun 2030.

Dalam menentukan kebutuhan air perlu adanya perhitungan proyeksi penduduk tiap tahun. Dalam studi ini metode yang digunakan untuk proyeksi jumlah penduduk adalah

Metode Geometrik (*Geometric Rate of Growth*) yang rumusnya sebagai berikut:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

dengan:

$P_n$  = Jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa)

$P_0$  = Jumlah penduduk pada awal proyeksi (jiwa)

$r$  = Persentase pertumbuhan penduduk (%)

$n$  = Jumlah proyeksi (tahun)

Perkembangan penduduk tiap tahun sesuai dengan data statistik Dalam Angka rata-rata sebesar 2.4 %. Dan pada tahun 2013 mencapai 10.192 jiwa.

Berikut merupakan contoh perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk pada tahun 2015:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

$$P_1 = 10.192 (1 + 2.4\%)^2$$

$$P_1 = 10.687 \text{ jiwa}$$

Hasil perhitungan proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk pada Kecamatan Lape selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.19 Proyeksi jumlah penduduk kabupaten kuningan dengan metode geometrik

No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	2015	11.206
2	2016	11.475
3	2017	11.751
4	2018	12.033
5	2019	12.321
6	2020	12.617
7	2021	12.920
8	2022	13.230
9	2023	13.547
10	2024	13.873
11	2025	14.206
12	2026	14.546
13	2027	14.896
<b>14</b>	<b>2028</b>	<b>15.253</b>

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Untuk kebutuhan air per orang per hari disesuaikan dengan pedoman Departemen PU dalam Direktorat Jenderal Cipta karya, 2007 dengan kebutuhan per sambungan rumah untuk kota kecil 130 lt/org/hari (Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, 2015) dengan rencana jumlah penduduk terlayani sebanyak 15.253 jiwa pada proyeksi 15 tahun yang akan datang di tahun 2028 dengan kebutuhan air 19.58 lt/dt.

Kebutuhan air harian maksimum dan kebutuhan air pada jam puncak dihitung berdasarkan kebutuhan air rata-rata dengan menggunakan pendekatan berdasarkan

Petunjuk Teknis Pengembangan SPAM Direktorat Jendral Cipta Karya, 2007 sebagai berikut:



1. Kebutuhan air maksimum (l/dt) =  $1.15 \times$  Kebutuhan air rata-rata/hari
2. Kebutuhan air pada jam puncak (l/dt) =  $1.56 \times$  kebutuhan air rata-rata/ hari
- Contoh Perhitungan kebutuhan air baku pada kecamatan Lape di tahun 2028:**
- A. Pelayanan Penduduk:**
1. Jumlah penduduk 15,253 jiwa
  2. Cakupan pelayanan 70% terlayani air baku
  3. Penduduk terlayani =  $15,253 \times 70\% = 10,687$  jiwa
- B. Kebutuhan Domestik:**
1. Sambungan Rumah:
- Tingkat Pelayanan 80%
  - Penduduk terlayani =  $10,687 \times 80\% = 8,543$  jiwa
  - Jumlah Sambungan Rumah dengan asumsi 1 KK berjumlah 5 orang =  $8,543 / 5 = 1,709$  unit Sambungan Rumah
  - Kebutuhan pemakaian air 130 lt/orang/hari
  - Kebutuhan Air =  $(130 \times 8,543) / 86400 = 12.85$  lt/dt
2. Hidran Umum:
- Tingkat Pelayanan 20%
  - Penduduk terlayani =  $10,687 \times 80\% = 2,136$  jiwa
  - Jumlah Hidran Umum dengan asumsi 1 hidran umum untuk 100 orang =  $2,136 / 100 = 21.36$  jiwa

- Kebutuhan pemakaian air untuk hidran umum 30 lt/orang/hari  
 - Kebutuhan Air  $= (30 \times 21.36) / 86400$

$$3. \text{ Total Kebutuhan Domestik} = 12.85 \times 0.74$$

$$= 0.74 \text{ lt/dt}$$

$$= 13.60 \text{ lt/dt}$$

### C. Kebutuhan Non Domestik:

#### 1. Total Kebutuhan Non Domestik 20%

$$= 0.2 \times 13.60$$

$$= 2.72 \text{ lt/dt}$$

D. Total Kebutuhan air baku merupakan penjumlahan dari Total kebutuhan Domestik dan total kebutuhan Non Domestik.

$$= 13.6 + 2.72$$

$$= 16.31 \text{ lt/dt}$$

#### E. Asumsi Kehilangan air 20%

$$= 0.2 \times 16.31$$

$$= 3.26 \text{ lt/dt}$$

F. Kebutuhan Rata-rata merupakan penjumlahan dari total kebutuhan air baku dengan kehilangan air.

$$= 16.31 + 3.26$$

$$= 19.58 \text{ lt/dt}$$

Hasil perhitungan kebutuhan air baku pada Kecamatan Lape sampai dengan dengannya tahun 2030 dapat dilihat pada tabel berikut:



Tabel 4.20 Kebutuhan air Baku untuk Kecamatan Lape sampai dengan tahun 2028

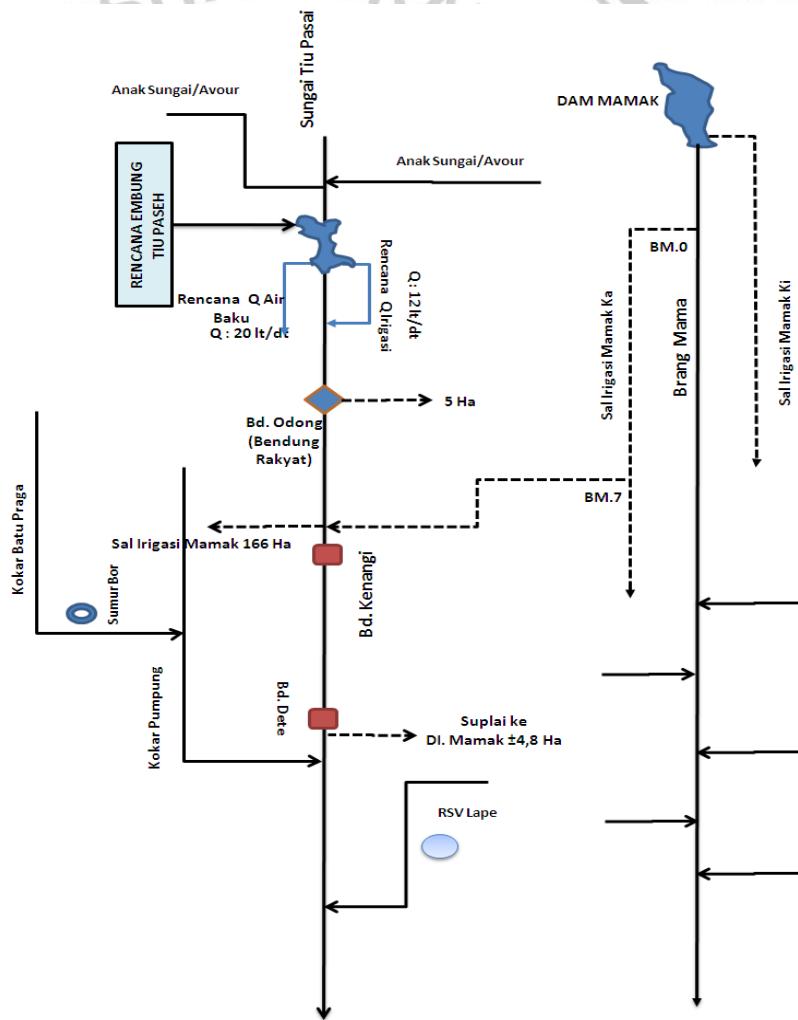
No	Uraian	Satuan	T A H U N														
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	
<b>A.</b>	<b>Pelayanan Penduduk</b>																
1	Jumlah Penduduk	Jiwa	11,206	11,475	11,751	12,033	12,321	12,617	12,920	13,230	13,547	13,873	14,206	14,546	14,896	15,253	
2	Cakupan Pelayanan	%	40%	50%	50%	50%	60%	60%	60%	60%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	
3	Penduduk Terlayani	Jiwa	4,483	5,738	5,876	6,017	7,393	7,571	7,752	7,938	8,129	9,711	9,944	10,183	10,427	10,678	
<b>B.</b>	<b>Domestik</b>																
1	Sambungan Rumah																
-	Tingkat Pelayanan	%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	
-	Penduduk Terlayani	Jiwa	3,587	4,591	4,701	4,814	5,915	6,057	6,202	6,351	6,504	7,769	7,956	8,147	8,342	8543	
-	Jumlah SR	Unit	717	918	940	963	1183	1211	1240	1270	1301	1554	1591	1629	1668	1,709	
-	Kebutuhan air	lt/dt	5.40	6.91	7.07	7.24	8.90	9.11	9.33	9.56	9.79	11.69	11.97	12.26	12.55	12.85	
2	Hidran Umum																
-	Penduduk Terlayani	Jiwa	897	1148	1176	1204	1479	1515	1551	1588	1626	1943	1989	2037	2086	2136	
3	Total Kebutuhan Domestik	lt/dt	5.71	7.31	7.48	7.66	9.41	9.64	9.87	10.11	10.35	12.36	12.66	12.97	13.28	13.60	
<b>C.</b>	<b>Non Domestik</b>																
1	Total Kebutuhan Non Domestik	%	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
		lt/dt	1.14	1.46	1.50	1.53	1.88	1.93	1.97	2.02	2.07	2.47	2.53	2.59	2.66	2.72	
<b>D.</b>	<b>Total Kebutuhan</b>	lt/dt	6.85	8.77	8.98	9.19	11.30	11.57	11.84	12.13	12.42	14.84	15.19	15.56	15.93	16.31	
<b>E.</b>	<b>Kehilangan Air (20%)</b>	lt/dt	1.37	1.75	1.80	1.84	2.26	2.31	2.37	2.43	2.48	2.97	3.04	3.11	3.19	3.26	
<b>F.</b>	<b>Kebutuhan Rata-rata</b>	lt/dt	8.22	10.52	10.77	11.03	13.56	13.88	14.21	14.55	14.91	17.80	18.23	18.67	19.12	19.58	

Sumber: Perhitungan

#### 4.4.2 Kebutuhan Irigasi

Pada sistem sungai ini terdapat 3 bendung yaitu Bendung Kenangi, Bendung Dete dan bendung Odong, namun dari informasi petugas UPT irigasi Lape, dalam merencanakan pola tanam, DI Mamak air dari sungai ini tidak pernah diperhitungkan, karena Bendung Kenangi dan bendung Dete telah disuplai dari Bendungan Mamak yaitu dianggap sebagai bangunan bagi/regulator bagi jaringannya. Sehingga pada studi ini yang diperhitungkan hanya suplai untuk areal Bendung Odong.

Kebutuhan air Irigasi eksisting untuk areal irigasi  $\pm$  5 Ha selama ini hanya disuplai dari bendung Odong. Dengan adanya Rencana Pembangunan Embung Tiu Pasai, di harapkan areal irigasi dapat ditingkatkan menjadi 15 ha dan 20 ha dengan intensitas tanam mencapai 100% pada tiga kali musim tanam dengan pola tanam Padi-palawija-palawija. Rencana pola tata tanam akan disesuaikan dengan kebiasaan tanam yang telah diterapkan oleh petani/masyarakat setempat.



Gambar 4.3 Skema Sungai Tiu Pasai dan Sungai Brang Mamak

Tabel 4.21 Kebutuhan Air Irigasi untuk DI. Tiu Pasai (Golongan A)

No.	Universitas Brawijaya Desripsi	Satuan	Des		Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Bawa Jun		Jul		Agt		Sep		Okt		Nop		Des			
			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	Pola Tata Tanam																													
2	Jumlah Hari	hari	15	16	15	16	14	14	15	16	15	15	15	15	16	15	15	15	16	15	15	16	15	15	16	15	15	15	15	
3	Evapotranspirasi (Eto)	mm/hari	4.71	4.40	4.46	4.37	3.36	4.17	4.18	4.37	4.56	4.72	3.88	3.82	3.52	3.54	3.48	3.51	3.85	3.88	4.03	4.13	5.46	5.63	5.68	4.37	0.00			
4	Evaporasi selama LP (Eo)	mm/hari	5.18	4.84	4.90	2.45	4.81	3.61	4.37	4.18	2.08	0.00	2.38	2.27	2.89	3.16	3.37	2.61	1.93	2.02	2.11	3.12	4.15	5.66	5.54	2.70	0.00			
5	Ef crop = kc x Eto	mm/hari	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
6	Perkolasi (P)	mm/hari																												
7	Kebutuhan Air Tambahan (M)	mm/hari	7.18	6.84	6.90																									
8	$k = M \cdot T/S$	mm/hari	0.86	0.82	0.83																									
9	Pengolahan Lahan (Land Preparation) (LP)	mm/hari	12.43	12.21	12.26																									
10	Faktor Luas untuk LP	mm	0.50	1.00	0.50																									
11	CH Andalan 80% (R80)	mm/hari	113.1	83.8	43.3	79.3	89.8	66.3	73.9	31.5	43.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.2		
12	CH Efektif untuk Padi	mm/hari	5.28	3.67	2.02	3.47	4.49	3.32	3.45	1.38	2.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	2.86		
13	CH Andalan 50% (R50)	mm	150.2	130.2	146.0	137.6	132.8	134.8	132.0	133.4	84.5	6.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.5		
14	CH Efektif untuk Palawija	mm/hari	7.01	5.70	6.81	6.02	6.64	6.74	6.16	5.84	3.94	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	6.28		
15	Penggantian Air (WLR) :	mm/hari																												
-c1	Koeffisien Tanaman Padi :	-	LP	LP	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.00																				
-c2	Rerata Koef. Tanaman Padi	-	LP	LP	0.55	1.10	1.08	1.05	1.00	0.48	0.00																			
16	Koeffisien Tanaman Palawija :	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.51	0.66	0.85	0.95	0.95	0.55	0.55	0.50	0.59	0.96	1.05	1.02	0.95					
-c1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.51	0.51	0.66	0.85	0.95	0.95	0.55	0.55	0.50	0.59	0.96	1.05	1.02	0.95				
-c2	Rerata Koef. Tanaman Palawija	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	0.51	0.59	0.76	0.90	0.95	0.75	0.55	0.53	0.55	0.78	1.01	1.04	0.99	0.48				
17	Penggunaan Komsumsi untuk Padi	mm/hari	0.00	0.00	2.45	4.81	3.61	4.37	4.18	2.08	1.14	2.38	2.27	2.89	3.16	3.37	2.61	1.93	2.02	2.11	3.12	4.15	5.66	5.54	2.70	0.00				
18	Penggunaan Komsumsi untuk Palawija	mm/hari																												
19	NFR untuk Padi	mm/hari	3.58	8.55	7.62	5.01	2.79	4.73	4.39	2.70	0.00	2.07	2.27	2.89	3.16	3.37	2.61	1.93	2.02	2.11	3.12	4.15	5.33	4.81	0.81	0.00				
20	NFR untuk Palawija	mm/hari																												
21	Total NFR	It/dt/Ha	0.41	0.99	0.88	0.58	0.32	0.55	0.51	0.31	0.00	0.24	0.26	0.33	0.37	0.39	0.30	0.22	0.23	0.24	0.36	0.48	0.62	0.56	0.09	0.00				
22	Net Field Requirement (NFR) untuk Padi	It/dt/Ha																												
23	Net Field Requirement (NFR) untuk Palawija	It/dt/Ha	0.41	0.99	0.88	0.58	0.32	0.55	0.51	0.31	0.00	0.24	0.26	0.33	0.37	0.39	0.30	0.22	0.23	0.24	0.36	0.48	0.62	0.56	0.09	0.00				
	Diversion Requirement (DR) untuk Padi	It/dt/Ha	0.64	1.53	1.36	0.89	0.50	0.84	0.78	0.48	0.00	0.37	0.41	0.52	0.57	0.60	0.47	0.34	0.36	0.38	0.56	0.74	0.95	0.86	0.14	0.00				
	Diversion Requirement (DR) untuk Palawija	It/dt/Ha	0.64	1.53	1.36	0.89	0.50	0.84	0.78	0.48	0.00	0.37	0.41	0.52	0.57	0.60	0.47	0.34	0.36	0.38	0.56	0.74	0.95	0.86	0.14	0.00				

Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, (2015)

Tabel 4.22 Kebutuhan Air Irigasi untuk DI. Tiu Pasai (Golongan B)

No.	Universitas Brawijaya Deskripsi	Satuan	Des	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		Sept		Okt		Nov		Des		
			II	I	II																							
Pola Tata Tanam																												
LP Padi 100% Kc.Tanah 100% Jagung 100%																												
2	Jumlah Hari	hari	16	15	16	14	14	15	15	15	15	15	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16		
3	Evapotranspirasi (Eto)	mm/hari	4.40	4.46	4.37	3.36	4.17	4.18	4.37	4.56	4.72	3.88	3.82	3.52	3.54	3.48	3.51	3.85	3.88	4.03	4.13	5.46	5.63	5.68	4.37	4.71		
4	Evaporasi selama LP (Eo)	mm/hari	4.84	4.90	4.81							4.27	4.21	3.87														
5	Ef crop = kc x Eto	mm/hari			2.41	3.70	4.48	4.39	4.37	2.17	0.00	1.96	2.24	2.65	3.19	3.31	2.63	2.12	2.04	2.20	3.20	5.49	5.82	5.60	2.07	0.00		
6	Perkolasi (P)	mm/hari	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
7	Kebutuhan Air Tambahan (M)	mm/hari	6.84	6.90	6.81																							
8	$k = M^*T/S$	mm/hari	0.82	0.83	0.82																							
9	Pengolahan Lahan (Land Preparation) (LP)	mm/hari	12.21	12.26	12.20																							
	Faktor Luas untuk LP		0.50	1.00	0.50																							
10	CH Andalan 80% (R80)	mm	83.8	43.3	79.3	89.8	66.3	73.9	31.5	43.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	61.2	113.1		
11	CH Efektif untuk Padi	mm/hari	3.67	2.02	3.47	4.49	3.32	3.45	1.47	2.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	2.86	5.28		
12	CH Andalan 50% (R50)	mm	130.2	146.0	137.6	132.8	134.8	132.0	133.4	84.5	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	16.7	40.6	134.5	
13	CH Efektif untuk Palawija	mm/hari	5.70	6.81	6.02	6.64	6.74	6.16	6.23	3.94	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.73	1.89	6.28	
14	Penggantian Air (WLR) :	mm/hari			1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67																		
15	Koefisien Tanaman Padi :		-	LP	LP	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.00																	
	c1		-	LP	LP	1.10	1.10	1.05	1.05	1.05	0.95	0.00																
	c2		-	LP	LP	0.55	1.10	1.08	1.05	1.00	0.48	0.00																
16	Rerata Koef. Tanaman Padi :		-	LP	LP	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.00																	
	c1		-	LP	LP	1.10	1.10	1.05	1.05	1.05	0.95	0.00																
	c2		-	LP	LP	0.55	1.10	1.08	1.05	1.00	0.48	0.00																
17	Rerata Koef. Tanaman Palawija		-	LP	LP	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.00																	
18	Penggunaan Komsumsi untuk Padi	mm/hari	0.00	0.00	2.41	3.70	4.48	4.39	4.37	2.17	1.18	1.96	2.24	2.65	3.19	3.31	2.63	2.12	2.04	2.20	3.20	5.49	5.82	5.60	2.07	0.00		
19	Penggunaan Komsumsi untuk Palawija	mm/hari																										
20	NFR untuk Padi	mm/hari	4.27	10.24	5.80	2.87	4.83	4.60	6.57	2.14	0.86	1.96	2.24	2.65	3.19	3.31	2.63	2.12	2.04	2.20	3.20	5.16	5.09	3.70	0.00	0.00		
21	NFR untuk Palawija	mm/hari																										
22	Net Field Requirement (NFR) untuk Padi	lt/dt/Ha	0.49	1.18	0.67	0.33	0.56	0.53	0.76	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00		
	Net Field Requirement (NFR) untuk Palawija	lt/dt/Ha																										
	<b>Total NFR</b>	lt/dt/Ha	<b>0.49</b>	<b>1.18</b>	<b>0.67</b>	<b>0.33</b>	<b>0.56</b>	<b>0.53</b>	<b>0.76</b>	<b>0.25</b>	<b>0.00</b>	<b>0.23</b>	<b>0.26</b>	<b>0.31</b>	<b>0.37</b>	<b>0.38</b>	<b>0.30</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.37</b>	<b>0.60</b>	<b>0.59</b>	<b>0.43</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>			
23	Diversion Requirement (DR) untuk Padi	lt/dt/Ha	0.76	1.83	1.04	0.51	0.86	0.82	1.17	0.38	0.00	0.35	0.40	0.47	0.57	0.59	0.47	0.38	0.00	0.39	0.57	0.92	0.91	0.66	0.00	0.00		
	Diversion Requirement (DR) untuk Palawija	lt/dt/Ha																										
	<b>Total DR</b>	lt/dt/Ha	<b>0.76</b>	<b>1.83</b>	<b>1.04</b>	<b>0.51</b>	<b>0.86</b>	<b>0.82</b>	<b>1.17</b>	<b>0.38</b>	<b>0.00</b>	<b>0.35</b>	<b>0.40</b>	<b>0.47</b>	<b>0.57</b>	<b>0.59</b>	<b>0.47</b>	<b>0.38</b>	<b>0.00</b>	<b>0.39</b>	<b>0.57</b>	<b>0.92</b>	<b>0.91</b>	<b>0.66</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		

Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, (2015)

Tabel 4.23 Kebutuhan Air Irigasi untuk DI. Tiu Pasai (Golongan C)

No.	Universitas Brawijaya	Deskripsi	Satuan	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Juni		Juli		Agustus		Sep		Okt		Nov		Des																			
				I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II																		
1	Pola Tata Tanam																																												
2	Jumlah Hari	hari	15 16 14 14 15 16 15 15 15 16 15 15 15 15 16 15 16 15 15 16 15 15 16 15 15 15 16 15 16 15																																										
3	Evapotranspirasi (Eto)	mm/hari	4.46 4.37 3.36 4.17 4.18 4.37 4.56 4.72 3.88 3.82 3.52 3.54 3.48 3.51 3.85 3.88 4.03 4.13 5.46 5.63 5.68 4.37 4.71 4.40																																										
4	Evaporasi selama LP (Eo)	mm/hari	4.90 4.81 3.70 1.85 4.58 4.49 4.59 4.56 2.24 0.00 1.93 2.06 2.68 3.13 3.33 2.89 2.13 2.12 2.25 4.23 5.65 5.88 4.30 2.24 0.00																																										
5	Et crop = kc x Eto	mm/hari																																											
6	Perkolasi (P)	mm/hari	2.00 2.00																																										
7	Kebutuhan Air Tambahan (M)	mm/hari	6.90 6.81 5.70 0.83 0.82 0.68 12.26 12.20 11.50 0.50 1.00 0.50 146.0 137.6 132.8 134.8 132.0 133.4 84.5 6.8 6.81 6.02 6.64 6.74 6.16 5.84 3.94 0.32 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00																																										
8	$k = M^*T/S$		0.83 0.82 0.68																																										
9	Pengolahan Lahan (Land Preparation) (LP)	mm/hari																																											
10	Faktor Luas untuk LP	mm	43.3 79.3 89.8 66.3 73.9 31.5 43.5 0.0																																										
11	CH Andalan 80% (R80)	mm	43.3 79.3 89.8 66.3 73.9 31.5 43.5 0.0																																										
12	CH Efektif untuk Padi	mm/hari	2.02 3.47 4.49 3.32 3.45 1.38 2.03 0.00																																										
13	CH Andalan 50% (R50)	mm	146.0 137.6 132.8 134.8 132.0 133.4 84.5 6.8 6.81 6.02 6.64 6.74 6.16 5.84 3.94 0.32 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00																																										
14	CH Efektif untuk Palawija	mm/hari																																											
15	Penggantian Air (WLR) :	mm/hari																																											
	Koeffisien Tanaman Padi :																																												
	- c1	-	LP	LP	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.00																																			
	- c2	-	LP	LP	0.55	1.10	1.08	1.05	1.00	0.48	0.00																																		
	Rerata Koef. Tanaman Padi																																												
	Koeffisien Tanaman Palawija :																																												
	- c1	-	LP	LP	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.00																																			
	- c2	-	LP	LP	0.55	1.10	1.08	1.05	1.00	0.48	0.00																																		
	Rerata Koef. Tanaman Palawija																																												
	- c1	-	LP	LP	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.00																																			
	- c2	-	LP	LP	0.55	1.10	1.08	1.05	1.00	0.48	0.00																																		
	Penggunaan Komsumsi untuk Padi	mm/hari	0.00 0.00 1.85 4.58 4.49 4.59 4.56 2.24 0.97 1.93 2.06 2.68 3.13 3.33 2.89 2.13 2.12 2.25 4.23 5.65 5.88 4.30 2.24 0.00																																										
	Penggunaan Komsumsi untuk Palawija	mm/hari																																											
	NFR untuk Padi	mm/hari	5.12 8.73 5.97 4.93 4.71 6.88 6.20 4.24 0.97 1.93 2.06 2.68 3.13 3.33 2.89 2.13 2.12 2.25 3.91 4.92 3.99 0.00 0.00 0.00																																										
	NFR untuk Palawija	mm/hari																																											
22	Net Field Requirement (NFR) untuk Padi	lt/dt/Ha	0.59 1.01 0.69 0.57 0.54 0.80 0.72 0.49 0.00																																										
	Net Field Requirement (NFR) untuk Palawija	lt/dt/Ha																																											
	<b>Total N FR</b>	<b>lt/dt/Ha</b>	<b>0.59 1.01 0.69 0.57 0.54 0.80 0.72 0.49 0.00 0.22 0.24 0.31 0.36 0.39 0.33 0.25 0.00 0.26 0.45 0.45 0.57 0.46 0.46 0.00 0.00 0.00 0.00</b>																																										
23	Diversion Requirement (DR) untuk Padi	lt/dt/Ha	0.91 1.56 1.07 0.88 0.84 1.23 1.11 0.76 0.00 0.34 0.37 0.48 0.56 0.60 0.52 0.38 0.00 0.40 0.70 0.88 0.71 0.00 0.00 0.00 0.00																																										
	Diversion Requirement (DR) untuk Palawija	lt/dt/Ha																																											
	<b>Total DR</b>	<b>lt/dt/Ha</b>	<b>0.91 1.56 1.07 0.88 0.84 1.23 1.11 0.76 0.00 0.34 0.37 0.48 0.56 0.60 0.52 0.38 0.00 0.40 0.70 0.88 0.71 0.00 0.00 0.00 0.00</b>																																										

Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, (2015)



Tabel 4.24 Kebutuhan Irigasi layanan Embung Tiu Pasai

No.	Kebutuhan Air di Intake	
	Bulanan	lt/dt/ha
1	Nov-1	0.51
2	Nov-2	0.00
3	Dec-1	0.21
4	Dec-2	0.76
5	Jan-1	1.37
6	Jan-2	1.16
7	Feb-1	0.69
8	Feb-2	0.86
9	Mar-1	0.82
10	Mar-2	0.96
11	Apr-1	0.50
12	Apr-2	0.38
13	May-1	0.25
14	May-2	0.42
15	Jun-1	0.47
16	Jun-2	0.55
17	Jul-1	0.54
18	Jul-2	0.47
19	Aug-1	0.42
20	Aug-2	0.25
21	Sep-1	0.32
22	Sep-2	0.57
23	Oct-1	0.86
24	Oct-2	0.88
Maximum		1.37
Rata-rata		0.59

Sumber : Balai Wilayah Sungai NT I, 2015

#### 4.5 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai

Dalam studi “Simulasi Pola Operasi Fungsi Tampungan Embung Tiu Pasai Sebagai

**Suplai Air Baku Menggunakan Metode Algoritma Genetik** dilakukan analisa simulasi operasi sederhana selama 10 tahun yang memiliki periode 15 harian, dengan kebutuhan irigasi dan air baku yang akan dipenuhi oleh simulasi Tampungan embung Tiu Pasai dengan input data kebutuhan irigasi bersifat dan kebutuhan air baku bersifat statis sesuai dengan kebutuhan maksimum hasil proyeksi jumlah penduduk yang direncanakan untuk dipenuhi tampungan embung Tiu Pasai sampai dengan 15 tahun. Untuk input debit *inflow* didapat dari perhitungan debit aliran rendah dengan model Nreca.



Dalam simulasi awal tersebut disimulasikan *time series* dengan kondisi tampungan yang menyuplai kebutuhan air tanpa melihat kondisi tampungan atau bisa dikaitkan dengan simulasi sederhana.

Dalam kondisi penuh Embung Tiu Pasai memiliki tampungan maksimum operasi sebesar  $111,97 \text{ m}^3$ , dengan tampungan aktif sebesar  $104,789 \text{ m}^3$  dan tampungan mati sebesar  $7,203 \text{ m}^3$ . Berikut contoh perhitungan simulasi Embung Tiu Pasai pada Januari periode I tahun 2005 adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan Pengumpulan Data Meliputi:
  - a. Data debit hasil model Nreca digunakan sebagai *inflow* embung Tiu Pasai
  - b. Data Evaporasi
  - c. Data Teknis Embung
  - d. Kebutuhan irigasi dan air baku sebagai *outflow* embung
2. Simulasi embung Tiu Pasai
3. Contoh perhitungan simulasi embung Tiu Pasai berdasarkan Tampungan pada bulan Januari periode I tahun 2005:

Tampungan Maksimum Operasi	$= 104.789 \text{ m}^3$
Tampungan Mati	$= 7.207 \text{ m}^3$
[1] Tahun	$= 2005$
[2] No	$= 1$
[3] Periode	$= \text{Januari} - 1$
[4] Banyak Hari	$= 15$
[5] <i>Inflow</i>	$= 0.099 \text{ m}^3/\text{detik}$
[6] Volume <i>Inflow</i>	$= 86400 \times 10 \times 0.099 = 128,007 \text{ m}^3$
[7] Tampungan Embung Awal Periode	$= 104,789 \text{ m}^3$ (asumsi tampungan penuh di awal perode)
[8] Elevasi Muka Air Embung	$= +69 \text{ mdpl}$
[9] Kebutuhan Irigasi	$= 0.021 \text{ m}^3/\text{detik}$
[10] Volume Kebutuhan Irigasi	$= 0.021 \times 86400 \times 15 = 26,595 \text{ m}^3$



[11] Kebutuhan air baku	$= 0,020 \text{ m}^3 / \text{detik}$
[12] Volume Kebutuhan air baku	$= 0,020 \times 86400 \times 15$
	$= 25,920 \text{ m}^3$
[13] Luas MAW awal Periode	$= 3,155 \text{ ha}$
[14] Tinggi Evaporasi	$= 4,904 \text{ mm/hari}$
[15] Volume Kehilangan	$= 3,155 \text{ ha} \times 5,904 \text{ mm/hari} \times 15 \text{ hari}$
	$= 2,321 \text{ m}^3$
[16] Tampungan Sementara	$= 128,007 + 104,789 - 2,321$
	$= 230,475 \text{ m}^3$
[17] <i>Outflow</i>	$= \text{Jika Tampungan awal} + \text{inflow} - \text{evaporasi} < 0; = 0 \text{ kalau tidak } \text{outflow}$
	$\text{pasokan air} = \text{persen kebutuhan.}$
	$= 230,475 - 52,515 > 0, \text{ maka } \text{outflow}$
	$= 52,515 \text{ m}^3$
	$= \text{Outflow}$
	$= 52,515 \text{ m}^3$
	$= 52,515 / 52,515 \times 100$
	$= 100 \%$
[18] Pemenuhan Kebutuhan	$= \text{Jika Tampungan} < 0, \text{ maka } 0;$
[19] Persen Pemenuhan Kebutuhan	$\text{jika Tampungan sementara} > \text{Tampungan Aktif; maka Tampungan Aktif}$
[20] Tampungan Akhir Periode	$= 230,475 - 52,515$
	$= 104,789 \text{ m}^3$
[21] Volume Spillout	$= \text{Jika } 230,475 > 52,515; \text{maka } 230,475 - 52,515; \text{ kalau tidak } 0$
	$= 0 \text{ Juta m}^3$

Dari perhitungan simulasi Embung Tiu Pasai dari tahun 2005 – 2014 secara *time series* didapatkan keandalan operasi embung terhadap kebutuhan irigasi dan air baku sebesar 82 % dengan total 240 kali simulasi, kegalalan 56 kali dan kesuksesan 184 kali. Untuk kebutuhan air baku yang di targetkan terpenuhi dalam simulasi ini adalah 20 lt/dt jiwa. Jumlah tersebut adalah jumlah rencana jangka panjang untuk pemenuhan kebutuhan seluruh Kecamatan Lape sampai pada tahun 2028. Untuk tabel perhitungan dan grafik hasil simulasi Embung Tiu Pasai selengkapnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.25 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2005

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW	INFLOW [m³/dt]	Tampungan Awal periode	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI			Tamp. Sementara OUTFLOW	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
								[m³/dt]	[m³]	[lt/dt]	[m³]	Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]	[m³]	[%]				
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
2005	1	Jan	15	0.099	128,007	104,789	69.00	0.021	26,595	20.00	25,920	3.155	4.904	2,321	230,475	52,515	100.00	104,789	73,171	
	2	Jan	16	0.062	85,765	104,789	69.00	0.017	24,117	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428	188,126	51,765	100.00	104,789	31,571	
	3	Feb	15	0.048	61,567	104,789	69.00	0.010	13,466	20.00	25,920	3.155	3.697	1,750	164,607	39,386	100.00	104,789	20,431	
	4	Feb	14	0.053	64,389	104,789	69.00	0.013	15,652	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024	167,154	39,844	100.00	104,789	22,521	
	5	Mar	15	0.045	57,744	104,789	69.00	0.012	15,863	20.00	25,920	3.155	4.595	2,175	160,358	41,783	100.00	104,789	13,786	
	6	Mar	16	0.109	150,051	104,789	69.00	0.014	19,928	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428	252,412	47,576	100.00	104,789	100,046	
	7	Apr	15	0.039	49,897	104,789	69.00	0.007	9,652	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375	152,311	35,572	100.00	104,789	11,949	
	8	Apr	15	0.026	33,431	104,789	69.00	0.005	6,794	20.00	25,920	3.155	5.194	2,458	135,762	32,714	100.00	103,049	-	
	9	Mei	15	0.017	22,399	103,049	68.68	0.003	3,989	20.00	25,920	3.119	4.271	1,998	123,449	29,909	100.00	93,541	-	
	10	Mei	16	0.011	15,007	93,541	68.35	0.004	5,712	20.00	27,648	2.921	4.206	1,966	106,582	33,360	100.00	73,222	-	
	11	Jun	15	0.008	10,055	73,222	67.56	0.006	7,386	20.00	25,920	2.496	3.868	1,448	81,829	33,306	100.00	48,522	-	
	12	Jun	15	0.005	6,737	48,522	66.37	0.007	9,495	20.00	25,920	1.965	3.898	1,149	54,110	35,415	100.00	18,695	-	
	13	Jul	15	0.003	4,514	18,695	64.31	0.008	10,735	20.00	25,920	1.313	3.828	754	22,454	22,454	61.26	-	-	
	14	Jul	16	0.002	3,024	-	63.00	0.007	10,032	20.00	27,648	0.616	3.861	381	2,643	2,643	7.02	-	-	
	15	Agu	15	0.002	2,026	-	63.00	0.005	6,173	20.00	25,920	0.616	4.236	392	1,635	1,635	5.09	-	-	
	16	Agu	16	0.001	1,358	-	63.00	0.002	3,377	20.00	27,648	0.616	4.268	421	937	937	3.02	-	-	
	17	Sep	15	0.001	910	-	63.00	0.003	3,710	20.00	25,920	0.616	4.435	410	500	500	1.69	-	-	
	18	Sep	15	0.000	609	-	63.00	0.006	7,500	20.00	25,920	0.616	4.540	420	190	190	0.57	-	-	
	19	Okt	15	0.000	408	-	63.00	0.010	13,570	20.00	25,920	0.616	6.011	556	-	-	-	-	-	
	20	Okt	16	0.000	274	-	63.00	0.012	16,846	20.00	27,648	0.616	6.188	610	-	-	-	-	-	
	21	Nov	15	0.005	6,446	-	63.00	0.010	13,324	20.00	25,920	0.616	6.253	578	5,868	5,868	5,868	14.95	-	
	22	Nov	15	0.012	14,917	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444	14,473	14,473	14,473	55.84	-	
	23	Des	15	0.031	40,349	-	63.00	0.003	4,139	20.00	25,920	0.616	5.179	479	39,870	30,059	30,059	100.00	9,811	-
	24	Des	16	0.009	12,146	9,811	63.33	0.011	15,827	20.00	27,648	1.018	4.835	788	21,170	21,170	21,170	48.69	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi
13. Data Teknis Embung
17. Jika  $[6]+[7]-[15]>0$ ; maka [17]
2. No
6. Inflow Embung juta m³
10. Kebutuhan irigasi m³
14. Perhitungan Penman Modifikasi
- 18.[17]
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Kebutuhan air baku
15.  $[4]*[13]*[14]/1000$
19.  $[17]+[18]/100$
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Kebutuhan air baku m³
16.  $[6]+[7]-[15]$
20.  $[16]-[17]$
21.  $[20] > 104,789$

Tabel 4.26 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2006

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI			Tamp. Sementara	OUTFLOW	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
								[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporation [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]	[16]	[17]	[18]
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]														
2006	1	Jan	15	0.072	92,924	-	63.00	0.021	26,595	20.00	25,920	0.616	4.904	453.35	92,471	52,515	52,515	100.00	39,956	-
	2	Jan	16	0.080	111,072	39,956	65.89	0.017	24,117	20.00	27,648	1.787	4.810	1,375.21	149,653	51,765	51,765	100.00	97,888	-
	3	Feb	15	0.472	611,956	97,888	68.50	0.010	13,466	20.00	25,920	3.011	3.697	1,669.61	708,174	39,386	39,386	100.00	104,789	563,998
	4	Feb	14	0.134	161,823	104,789	69.00	0.013	15,652	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	264,588	39,844	39,844	100.00	104,789	119,955
	5	Mar	15	0.375	486,451	104,789	69.00	0.012	15,863	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	589,065	41,783	41,783	100.00	104,789	442,493
	6	Mar	16	0.460	635,318	104,789	69.00	0.014	19,928	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	737,679	47,576	47,576	100.00	104,789	585,313
	7	Apr	15	0.223	288,849	104,789	69.00	0.007	9,652	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	391,263	35,572	35,572	100.00	104,789	250,902
	8	Apr	15	0.131	169,872	104,789	69.00	0.005	6,794	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	272,203	32,714	32,714	100.00	104,789	134,701
	9	Mei	15	0.088	113,814	104,789	69.00	0.003	3,989	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	216,582	29,909	29,909	100.00	104,789	81,884
	10	Mei	16	0.055	76,255	104,789	69.00	0.004	5,712	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	178,922	33,360	33,360	100.00	104,789	40,772
	11	Jun	15	0.039	51,091	104,789	69.00	0.006	7,386	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	154,050	33,306	33,306	100.00	104,789	15,954
	12	Jun	15	0.026	34,231	104,789	69.00	0.007	9,495	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	137,176	35,415	35,415	100.00	101,761	-
	13	Jul	15	0.018	22,935	101,761	68.64	0.008	10,735	20.00	25,920	3.095	3.828	1,777.23	122,918	36,655	36,655	100.00	86,263	-
	14	Jul	16	0.011	15,366	86,263	68.10	0.007	10,032	20.00	27,648	2.771	3.861	1,711.61	99,918	37,680	37,680	100.00	62,238	-
	15	Agu	15	0.008	10,295	62,238	67.08	0.005	6,173	20.00	25,920	2.256	4.236	1,433.85	71,099	32,093	32,093	100.00	39,006	-
	16	Agu	16	0.005	6,898	39,006	65.82	0.002	3,377	20.00	27,648	1.768	4.268	1,207.06	44,697	31,025	31,025	100.00	13,671	-
	17	Sep	15	0.004	4,622	13,671	63.82	0.003	3,710	20.00	25,920	1.147	4.435	762.79	17,530	17,530	17,530	59.16	-	-
	18	Sep	15	0.002	3,096	-	63.00	0.006	7,500	20.00	25,920	0.616	4.540	419.68	2,677	2,677	2,677	8.01	-	-
	19	Okt	15	0.002	2,075	-	63.00	0.010	13,570	20.00	25,920	0.616	6.011	555.61	1,519	1,519	1,519	3.85	-	-
	20	Okt	16	0.001	1,390	-	63.00	0.012	16,846	20.00	27,648	0.616	6.188	610.19	780	780	780	1.75	-	-
	21	Nov	15	0.001	931	-	63.00	0.010	13,324	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	353	353	353	0.90	-	-
	22	Nov	15	0.012	16,156	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	15,712	15,712	15,712	60.62	-	-
	23	Des	15	0.029	36,936	-	63.00	0.003	4,139	20.00	25,920	0.616	5.179	478.71	36,457	30,059	30,059	100.00	6,398	-
	24	Des	16	0.027	36,685	6,398	63.00	0.011	15,827	20.00	27,648	0.893	4.835	690.56	42,392	42,392	42,392	97.51	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung juta m<sup>3</sup>
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi
10. Kebutuhan irigasi m<sup>3</sup>
11. Kebutuhan air baku
12. Kebutuhan air baku m<sup>3</sup>
13. Data Teknis Embung
14. Perhitungan Penman Modifikasi
15.  $[4]*[13]*[14]/1000$
16.  $[6]+[7]-[15]$
17. Jika  $[6]+[7]-[15]>0$ ; maka [17]
18. [17]
19.  $[17]+[18]/100$
20.  $[16]-[17]$
21.  $[20] > 104,789$

Tabel 4.27 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2007

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irrigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI			Tamp. Sementara [m³]	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
								[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
2007	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
	1	Jan	15	0.011	14,000	-	63.00	0.021	26,595	20.00	25,920	0.616	4.904	453.35	13,547	13,547	13,547	25.80	-	-	
	2	Jan	16	0.200	276,279	-	63.00	0.017	24,117	20.00	27,648	0.616	4.810	474.27	275,804	51,765	51,765	100.00	104,789	119,250	
	3	Feb	15	0.233	302,382	104,789	69.00	0.010	13,466	20.00	25,920	3.155	3.697	1,749.53	405,422	39,386	39,386	100.00	104,789	261,247	
	4	Feb	14	0.140	168,833	104,789	69.00	0.013	15,652	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	271,598	39,844	39,844	100.00	104,789	126,965	
	5	Mar	15	0.066	85,641	104,789	69.00	0.012	15,863	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	188,256	41,783	41,783	100.00	104,789	41,683	
	6	Mar	16	0.239	330,070	104,789	69.00	0.014	19,928	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	432,431	47,576	47,576	100.00	104,789	280,065	
	7	Apr	15	0.633	820,082	104,789	69.00	0.007	9,652	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	922,496	35,572	35,572	100.00	104,789	782,135	
	8	Apr	15	0.196	253,593	104,789	69.00	0.005	6,794	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	355,924	32,714	32,714	100.00	104,789	218,421	
	9	Mei	15	0.131	169,907	104,789	69.00	0.003	3,989	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	272,675	29,909	29,909	100.00	104,789	137,977	
	10	Mei	16	0.082	113,838	104,789	69.00	0.004	5,712	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	216,504	33,360	33,360	100.00	104,789	78,354	
	11	Jun	15	0.059	76,271	104,789	69.00	0.006	7,386	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	179,230	33,306	33,306	100.00	104,789	41,135	
	12	Jun	15	0.039	51,102	104,789	69.00	0.007	9,495	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	154,046	35,415	35,415	100.00	104,789	13,842	
	13	Jul	15	0.026	34,238	104,789	69.00	0.008	10,735	20.00	25,920	3.155	3.828	1,811.72	137,216	36,655	36,655	100.00	100,561	-	
	14	Jul	16	0.017	22,940	100,561	68.60	0.007	10,032	20.00	27,648	3.071	3.861	1,897.11	121,603	37,680	37,680	100.00	83,923	-	
	15	Agu	15	0.012	15,370	83,923	68.01	0.005	6,173	20.00	25,920	2.722	4.236	1,729.96	97,563	32,093	32,093	100.00	65,469	-	
	16	Agu	16	0.007	10,298	65,469	67.22	0.002	3,377	20.00	27,648	2.326	4.268	1,588.62	74,178	31,025	31,025	100.00	43,153	-	
	17	Sep	15	0.005	6,899	43,153	66.08	0.003	3,710	20.00	25,920	1.853	4.435	1,232.54	48,820	29,630	29,630	100.00	19,190	-	
	18	Sep	15	0.004	4,623	19,190	64.35	0.006	7,500	20.00	25,920	1.328	4.540	904.61	22,908	22,908	22,908	68.55	-	-	
	19	Okt	15	0.002	3,097	-	63.00	0.010	13,570	20.00	25,920	0.616	6.011	555.61	2,542	2,542	2,542	6.44	-	-	
	20	Okt	16	0.002	2,075	-	63.00	0.012	16,846	20.00	27,648	0.616	6.188	610.19	1,465	1,465	1,465	3.29	-	-	
	21	Nov	15	0.001	1,390	-	63.00	0.010	13,324	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	812	812	812	2.07	-	-	
	22	Nov	15	0.043	55,369	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	54,925	25,920	25,920	100.00	29,005	-	
	23	Des	15	0.255	331,124	29,005	65.16	0.003	4,139	20.00	25,920	1.553	5.179	1,206.06	358,923	30,059	30,059	100.00	104,789	224,075	
	24	Des	16	0.407	562,410	104,789	69.00	0.011	15,827	20.00	27,648	3.155	4.835	2,440.74	664,758	43,475	43,475	100.00	104,789	516,494	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

## Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irrigasi
13. Data Teknis Embung
17. Jika  $[6]+[7]-[15]>0$ ; maka [17]
2. No
6. Inflow Embung juta m³
10. Kebutuhan irrigasi m³
14. Perhitungan Penman Modifikasi
- 18.[17]
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Kebutuhan air baku
15.  $[4]*[13]*[14]/1000$
19. [17]+[18]/100
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Kebutuhan air baku m³
16.  $[6]+[7]-[15]$
20. [16]- [17]
21.  $[20] > 104,789$

Tabel 4.28 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2008

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irrigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI			Tamp. Sementara [m³]	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
								[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]														
2008	1	Jan	15	0.750	971,559	104,789	69.00	0.021	26,595	20.00	25,920	3.155	4.904	2,320.92	1,074,028	52,515	52,515	100.00	104,789	916,724
	2	Jan	16	1.074	1,484,452	104,789	69.00	0.017	24,117	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428.00	1,586,813	51,765	51,765	100.00	104,789	1,430,258
	3	Feb	15	1.348	1,746,580	104,789	69.00	0.010	13,466	20.00	25,920	3.155	3.697	1,749.53	1,849,620	39,386	39,386	100.00	104,789	1,705,445
	4	Feb	14	1.557	1,882,960	104,789	69.00	0.013	15,652	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	1,985,725	39,844	39,844	100.00	104,789	1,841,092
	5	Mar	15	1.040	1,348,206	104,789	69.00	0.012	15,863	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	1,450,821	41,783	41,783	100.00	104,789	1,304,248
	6	Mar	16	0.471	650,688	104,789	69.00	0.014	19,928	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	753,050	47,576	47,576	100.00	104,789	600,684
	7	Apr	15	0.351	455,148	104,789	69.00	0.007	9,652	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	557,562	35,572	35,572	100.00	104,789	417,201
	8	Apr	15	0.229	296,979	104,789	69.00	0.005	6,794	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	399,310	32,714	32,714	100.00	104,789	261,807
	9	Mei	15	0.154	198,976	104,789	69.00	0.003	3,989	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	301,744	29,909	29,909	100.00	104,789	167,046
	10	Mei	16	0.096	133,314	104,789	69.00	0.004	5,712	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	235,980	33,360	33,360	100.00	104,789	97,830
	11	Jun	15	0.069	89,320	104,789	69.00	0.006	7,386	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	192,279	33,306	33,306	100.00	104,789	54,183
	12	Jun	15	0.046	59,845	104,789	69.00	0.007	9,495	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	162,789	35,415	35,415	100.00	104,789	22,585
	13	Jul	15	0.031	40,096	104,789	69.00	0.008	10,735	20.00	25,920	3.155	3.828	1,811.72	143,074	36,655	36,655	100.00	104,789	1,629
	14	Jul	16	0.019	26,864	104,789	69.00	0.007	10,032	20.00	27,648	3.155	3.861	1,949.05	129,705	37,680	37,680	100.00	92,024	-
	15	Agu	15	0.014	17,999	92,024	68.30	0.005	6,173	20.00	25,920	2.891	4.236	1,836.81	108,187	32,093	32,093	100.00	76,093	-
	16	Agu	16	0.009	12,059	76,093	67.68	0.002	3,377	20.00	27,648	2.555	4.268	1,745.10	86,408	31,025	31,025	100.00	55,382	-
	17	Sep	15	0.006	8,080	55,382	66.73	0.003	3,710	20.00	25,920	2.112	4.435	1,404.97	62,057	29,630	29,630	100.00	32,427	-
	18	Sep	15	0.004	5,413	32,427	65.39	0.006	7,500	20.00	25,920	1.627	4.540	1,108.04	36,733	33,420	33,420	100.00	3,313	-
	19	Okt	15	0.003	3,627	3,313	63.00	0.010	13,570	20.00	25,920	0.760	6.011	684.80	6,255	6,255	6,255	15.84	-	-
	20	Okt	16	0.002	2,430	-	63.00	0.012	16,846	20.00	27,648	0.616	6.188	610.19	1,820	1,820	1,820	4.09	-	-
	21	Nov	15	0.001	1,628	-	63.00	0.010	13,324	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	1,050	1,050	1,050	2.68	-	-
	22	Nov	15	0.049	63,624	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	63,180	25,920	25,920	100.00	37,260	-
	23	Des	15	0.188	243,158	37,260	65.71	0.003	4,139	20.00	25,920	1.733	5.179	1,345.92	279,072	30,059	30,059	100.00	104,789	144,223
	24	Des	16	0.259	358,121	104,789	69.00	0.011	15,827	20.00	27,648	3.155	4.835	2,440.74	460,470	43,475	43,475	100.00	104,789	312,205

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung juta m<sup>3</sup>
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi
10. Kebutuhan irigasi m<sup>3</sup>
11. Kebutuhan air baku
12. Kebutuhan air baku m<sup>3</sup>
13. Data Teknis Embung
14. Perhitungan Penman Modifikasi
15.  $[4]*[13]*[14]/1000$
16.  $[6]+[7]-[15]$
17. Jika  $[6]+[7]-[15]>0$ ; maka [17]
18. [17]
19.  $[17]+[18]/100$
20.  $[16]-[17]$
21.  $[20] > 104,789$

Tabel 4.29 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai 2009

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [mdpl]	Elevasi Muka Air Embung [mddpl]	KEBUTUHAN Irigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI			Tamp. Sementara [m³]	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
								[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]															
2009	1	Jan	15	0.384	497,776	104,789	69.00	0.021	26,595	20.00	25,920	3.155	4.904	2,320.92	600,244	52,515	52,515	100.00	104,789	442,940
	2	Jan	16	0.432	597,818	104,789	69.00	0.017	24,117	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428.00	700,180	51,765	51,765	100.00	104,789	543,625
	3	Feb	15	0.448	580,834	104,789	69.00	0.010	13,466	20.00	25,920	3.155	3.697	1,749.53	683,874	39,386	39,386	100.00	104,789	539,699
	4	Feb	14	0.707	854,756	104,789	69.00	0.013	15,652	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	957,521	39,844	39,844	100.00	104,789	812,888
	5	Mar	15	1.248	1,617,968	104,789	69.00	0.012	15,863	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	1,720,583	41,783	41,783	100.00	104,789	1,574,010
	6	Mar	16	0.545	753,271	104,789	69.00	0.014	19,928	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	855,632	47,576	47,576	100.00	104,789	703,267
	7	Apr	15	0.322	417,050	104,789	69.00	0.007	9,652	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	519,464	35,572	35,572	100.00	104,789	379,103
	8	Apr	15	0.216	279,424	104,789	69.00	0.005	6,794	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	381,755	32,714	32,714	100.00	104,789	244,252
	9	Mei	15	0.144	187,214	104,789	69.00	0.003	3,989	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	289,982	29,909	29,909	100.00	104,789	155,284
	10	Mei	16	0.091	125,433	104,789	69.00	0.004	5,712	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	228,099	33,360	33,360	100.00	104,789	89,950
	11	Jun	15	0.065	84,040	104,789	69.00	0.006	7,386	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	186,999	33,306	33,306	100.00	104,789	48,904
	12	Jun	15	0.043	56,307	104,789	69.00	0.007	9,495	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	159,252	35,415	35,415	100.00	104,789	19,047
	13	Jul	15	0.029	37,726	104,789	69.00	0.008	10,735	20.00	25,920	3.155	3.828	1,811.72	140,703	36,655	36,655	100.00	104,048	-
	14	Jul	16	0.018	25,276	104,048	68.72	0.007	10,032	20.00	27,648	3.143	3.861	1,941.63	127,383	37,680	37,680	100.00	89,703	-
	15	Agu	15	0.013	16,935	89,703	68.22	0.005	6,173	20.00	25,920	2.843	4.236	1,806.28	104,831	32,093	32,093	100.00	72,738	-
	16	Agu	16	0.008	11,346	72,738	67.53	0.002	3,377	20.00	27,648	2.486	4.268	1,697.47	82,387	31,025	31,025	100.00	51,362	-
	17	Sep	15	0.006	7,602	51,362	66.52	0.003	3,710	20.00	25,920	2.023	4.435	1,346.04	57,618	29,630	29,630	100.00	27,988	-
	18	Sep	15	0.004	5,093	27,988	65.09	0.006	7,500	20.00	25,920	1.529	4.540	1,041.18	32,041	32,041	95.87	-	-	-
	19	Okt	15	0.003	3,413	-	63.00	0.010	13,570	20.00	25,920	0.616	6.011	555.61	2,857	2,857	2,857	7.23	-	-
	20	Okt	16	0.002	2,286	-	63.00	0.012	16,846	20.00	27,648	0.616	6.188	610.19	1,676	1,676	1,676	3.77	-	-
	21	Nov	15	0.001	1,532	-	63.00	0.010	13,324	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	954	954	954	2.43	-	-
	22	Nov	15	0.004	5,398	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	4,954	4,954	4,954	19.11	-	-
	23	Des	15	0.031	39,753	-	63.00	0.003	4,139	20.00	25,920	0.616	5.179	478.71	39,274	30,059	30,059	100.00	9,216	-
	24	Des	16	0.106	145,898	9,216	63.25	0.011	15,827	20.00	27,648	0.999	4.835	772.92	154,341	43,475	43,475	100.00	104,789	6,076

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

- 1. Tahun 5. Inflow Embung 9. Kebutuhan irigasi 13. Data Teknis Embung 17. Jika  $[6]+[7]-[15]>0$ ; maka [17]
  - 2. No 6. Inflow Embung juta m³ 10. Kebutuhan irigasi m³ 14. Perhitungan Penman Modifikasi 18. [17]
  - 3. Periode 7. Tampungan Awal Periode 11. Kebutuhan air baku 15.  $[4]*[13]*[14]/1000$  19.  $[17]+[18]/100$
  - 4. Banyak Hari 8. Elevasi Muka Air Embung 12. Kebutuhan air baku m³ 16.  $[6]+[7]-[15]$  20.  $[16]-[17]$
  -
21.  $[20] > 104,789$

Tabel 4.30 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai 2010

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [mdpl]	Elevasi Muka Air Embung [m]	KEBUTUHAN Irigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI			Tamp. Sementara	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
								[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	
								[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
2010	1	Jan	15	0.112	144,517	104,789	69.00	0.021	26,595	20.00	25,920	3.155	4.904	2,320.92	246,986	52,515	52,515	100.00	104,789	89,681
	2	Jan	16	0.212	292,648	104,789	69.00	0.017	24,117	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428.00	395,009	51,765	51,765	100.00	104,789	238,454
	3	Feb	15	0.082	106,007	104,789	69.00	0.010	13,466	20.00	25,920	3.155	3.697	1,749.53	209,047	39,386	39,386	100.00	104,789	64,872
	4	Feb	14	0.332	401,295	104,789	69.00	0.013	15,652	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	504,060	39,844	39,844	100.00	104,789	359,427
	5	Mar	15	0.487	631,453	104,789	69.00	0.012	15,863	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	734,068	41,783	41,783	100.00	104,789	587,495
	6	Mar	16	0.724	1,000,745	104,789	69.00	0.014	19,928	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	1,103,107	47,576	47,576	100.00	104,789	950,741
	7	Apr	15	0.934	1,210,184	104,789	69.00	0.007	9,652	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	1,312,598	35,572	35,572	100.00	104,789	1,172,237
	8	Apr	15	0.348	450,952	104,789	69.00	0.005	6,794	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	553,284	32,714	32,714	100.00	104,789	415,781
	9	Mei	15	0.233	302,138	104,789	69.00	0.003	3,989	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	404,906	29,909	29,909	100.00	104,789	270,208
	10	Mei	16	0.146	202,432	104,789	69.00	0.004	5,712	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	305,098	33,360	33,360	100.00	104,789	166,949
	11	Jun	15	0.105	135,630	104,789	69.00	0.006	7,386	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	238,589	33,306	33,306	100.00	104,789	100,493
	12	Jun	15	0.070	90,872	104,789	69.00	0.007	9,495	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	193,817	35,415	35,415	100.00	104,789	53,612
	13	Jul	15	0.047	60,884	104,789	69.00	0.008	10,735	20.00	25,920	3.155	3.828	1,811.72	163,862	36,655	36,655	100.00	104,789	22,417
	14	Jul	16	0.030	40,792	104,789	69.00	0.007	10,032	20.00	27,648	3.155	3.861	1,949.05	143,633	37,680	37,680	100.00	104,789	1,163
	15	Agu	15	0.021	27,331	104,789	69.00	0.005	6,173	20.00	25,920	3.155	4.236	2,004.71	130,116	32,093	32,093	100.00	98,022	-
	16	Agu	16	0.013	18,312	98,022	68.51	0.002	3,377	20.00	27,648	3.017	4.268	2,060.18	114,274	31,025	31,025	100.00	83,249	-
	17	Sep	15	0.009	12,269	83,249	67.99	0.003	3,710	20.00	25,920	2.704	4.435	1,799.08	93,718	29,630	29,630	100.00	64,089	-
	18	Sep	15	0.006	8,220	64,089	67.16	0.006	7,500	20.00	25,920	2.296	4.540	1,563.84	70,745	33,420	33,420	100.00	37,325	-
	19	Okt	15	0.004	5,507	37,325	65.71	0.010	13,570	20.00	25,920	1.733	6.011	1,562.12	41,270	39,490	39,490	100.00	1,781	-
	20	Okt	16	0.003	3,690	1,781	63.00	0.012	16,846	20.00	27,648	0.691	6.188	684.51	4,786	4,786	4,786	10.76	-	-
	21	Nov	15	0.002	2,472	-	63.00	0.010	13,324	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	1,894	1,894	1,894	4.83	-	-
	22	Nov	15	0.018	23,934	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	23,490	23,490	23,490	90.63	-	-
	23	Des	15	0.018	23,269	-	63.00	0.003	4,139	20.00	25,920	0.616	5.179	478.71	22,791	22,791	22,791	75.82	-	-
	24	Des	16	0.052	72,400	-	63.00	0.011	15,827	20.00	27,648	0.616	4.835	476.76	71,923	43,475	43,475	100.00	28,448	-

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2017*

Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung juta m<sup>3</sup>
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi
10. Kebutuhan irigasi m<sup>3</sup>
11. Kebutuhan air baku
12. Kebutuhan air baku m<sup>3</sup>
13. Data Teknis Embung
14. Perhitungan Penman Modifikasi
15.  $[4]*[13]*[14]/1000$
16.  $[6]+[7]-[15]$
17. Jika  $[6]+[7]-[15]>0$ ; maka [17]
18. [17]
19.  $[17]+[18]/100$
20.  $[16]-[17]$
21.  $[20] > 104,789$

Tabel 4.31 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2011

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irrigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI			Tamp. Sementara [m³]	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
								[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]																
2011	1	Jan	15	0.300	389,159	28,448	65.12	0.021	26,595	20.00	25,920	1.539	4.904	1,132.21	416,474	52,515	52,515	100.00	104,789	259,170	
	2	Jan	16	0.941	1,300,968	104,789	69.00	0.017	24,117	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428.00	1,403,330	51,765	51,765	100.00	104,789	1,246,775	
	3	Feb	15	0.714	924,905	104,789	69.00	0.010	13,466	20.00	25,920	3.155	3.697	1,749.53	1,027,945	39,386	39,386	100.00	104,789	883,770	
	4	Feb	14	1.297	1,568,952	104,789	69.00	0.013	15,652	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	1,671,717	39,844	39,844	100.00	104,789	1,527,084	
	5	Mar	15	0.691	896,056	104,789	69.00	0.012	15,863	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	998,671	41,783	41,783	100.00	104,789	852,098	
	6	Mar	16	1.578	2,181,472	104,789	69.00	0.014	19,928	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	2,283,833	47,576	47,576	100.00	104,789	2,131,467	
	7	Apr	15	0.576	746,029	104,789	69.00	0.007	9,652	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	848,443	35,572	35,572	100.00	104,789	708,082	
	8	Apr	15	0.386	499,840	104,789	69.00	0.005	6,794	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	602,171	32,714	32,714	100.00	104,789	464,668	
	9	Mei	15	0.427	553,210	104,789	69.00	0.003	3,989	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	655,978	29,909	29,909	100.00	104,789	521,280	
	10	Mei	16	0.203	279,959	104,789	69.00	0.004	5,712	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	382,625	33,360	33,360	100.00	104,789	244,475	
	11	Jun	15	0.145	187,573	104,789	69.00	0.006	7,386	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	290,532	33,306	33,306	100.00	104,789	152,436	
	12	Jun	15	0.097	125,674	104,789	69.00	0.007	9,495	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	228,618	35,415	35,415	100.00	104,789	88,414	
	13	Jul	15	0.065	84,201	104,789	69.00	0.008	10,735	20.00	25,920	3.155	3.828	1,811.72	187,179	36,655	36,655	100.00	104,789	45,734	
	14	Jul	16	0.041	56,415	104,789	69.00	0.007	10,032	20.00	27,648	3.155	3.861	1,949.05	159,255	37,680	37,680	100.00	104,789	16,786	
	15	Agu	15	0.029	37,798	104,789	69.00	0.005	6,173	20.00	25,920	3.155	4.236	2,004.71	140,583	32,093	32,093	100.00	104,789	3,700	
	16	Agu	16	0.018	25,325	104,789	69.00	0.002	3,377	20.00	27,648	3.155	4.268	2,154.51	127,960	31,025	31,025	100.00	96,934	-	
	17	Sep	15	0.013	16,968	96,934	68.47	0.003	3,710	20.00	25,920	2.993	4.435	1,990.83	111,911	29,630	29,630	100.00	82,281	-	
	18	Sep	15	0.009	11,368	82,281	67.95	0.006	7,500	20.00	25,920	2.686	4.540	1,829.51	91,820	33,420	33,420	100.00	58,400	-	
	19	Okt	15	0.006	7,617	58,400	66.89	0.010	13,570	20.00	25,920	2.177	6.011	1,962.58	64,054	39,490	39,490	100.00	24,565	-	
	20	Okt	16	0.004	5,103	24,565	64.82	0.012	16,846	20.00	27,648	1.451	6.188	1,436.73	28,231	28,231	28,231	63.45	-	-	
	21	Nov	15	0.003	3,419	-	63.00	0.010	13,324	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	2,841	2,841	2,841	7.24	-	-	
	22	Nov	15	0.002	2,291	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	1,847	1,847	1,847	7.12	-	-	
	23	Des	15	0.001	1,535	-	63.00	0.003	4,139	20.00	25,920	0.616	5.179	478.71	1,056	1,056	1,056	3.51	-	-	
	24	Des	16	0.065	89,523	-	63.00	0.011	15,827	20.00	27,648	0.616	4.835	476.76	89,047	43,475	43,475	100.00	45,571	-	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi
13. Data Teknis Embung
2. No
6. Inflow Embung juta m³
10. Kebutuhan irigasi m³
14. Perhitungan Penman Modifikasi
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Kebutuhan air baku
15.  $[4]*[13]*[14]/1000$
4. Banyak Hari
- Elevasi Muka Air Embung
12. Kebutuhan air baku m³
16.  $[6]+[7]-[15]>0$ ; maka [17]
17. Jika  $[6]+[7]-[15]>0$ ; maka [17]
18. [17]
19.  $[17]+[18]/100$
20.  $[16]-[17]$
21.  $[20] > 104,789$

Tabel 4.32 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2012

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irrigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI			Tamp. Sementara [m³]	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
								[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]														
2012	1	Jan	15	0.023	29,586	45,571	66.21	0.021	26,595	20.00	25,920	1.903	4.904	1,400.14	73,757	52,515	52,515	100.00	21,242	-
	2	Jan	16	0.012	17,177	21,242	64.53	0.017	24,117	20.00	27,648	1.377	4.810	1,059.38	37,360	37,360	37,360	72.17	-	-
	3	Feb	15	0.310	401,445	-	63.00	0.010	13,466	20.00	25,920	0.616	3.697	341.74	401,104	39,386	39,386	100.00	104,789	256,928
	4	Feb	14	0.150	180,920	104,789	69.00	0.013	15,652	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	283,685	39,844	39,844	100.00	104,789	139,052
	5	Mar	15	0.394	510,109	104,789	69.00	0.012	15,863	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	612,724	41,783	41,783	100.00	104,789	466,151
	6	Mar	16	0.425	587,814	104,789	69.00	0.014	19,928	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	690,176	47,576	47,576	100.00	104,789	537,810
	7	Apr	15	0.241	312,099	104,789	69.00	0.007	9,652	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	414,513	35,572	35,572	100.00	104,789	274,151
	8	Apr	15	0.131	170,319	104,789	69.00	0.005	6,794	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	272,651	32,714	32,714	100.00	104,789	135,148
	9	Mei	15	0.088	114,114	104,789	69.00	0.003	3,989	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	216,882	29,909	29,909	100.00	104,789	82,184
	10	Mei	16	0.055	76,456	104,789	69.00	0.004	5,712	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	179,122	33,360	33,360	100.00	104,789	40,972
	11	Jun	15	0.040	51,226	104,789	69.00	0.006	7,386	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	154,185	33,306	33,306	100.00	104,789	16,089
	12	Jun	15	0.026	34,321	104,789	69.00	0.007	9,495	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	137,266	35,415	35,415	100.00	101,851	-
	13	Jul	15	0.018	22,995	101,851	68.64	0.008	10,735	20.00	25,920	3.095	3.828	1,777.23	123,069	36,655	36,655	100.00	86,413	-
	14	Jul	16	0.011	15,407	86,413	68.10	0.007	10,032	20.00	27,648	2.771	3.861	1,711.61	100,109	37,680	37,680	100.00	62,428	-
	15	Agu	15	0.008	10,323	62,428	67.09	0.005	6,173	20.00	25,920	2.261	4.236	1,437.02	71,314	32,093	32,093	100.00	39,221	-
	16	Agu	16	0.005	6,916	39,221	65.84	0.002	3,377	20.00	27,648	1.771	4.268	1,209.71	44,927	31,025	31,025	100.00	13,902	-
	17	Sep	15	0.004	4,634	13,902	63.85	0.003	3,710	20.00	25,920	1.154	4.435	767.82	17,768	17,768	17,768	59.97	-	-
	18	Sep	15	0.002	3,105	-	63.00	0.006	7,500	20.00	25,920	0.616	4.540	419.68	2,685	2,685	2,685	8.03	-	-
	19	Okt	15	0.002	2,080	-	63.00	0.010	13,570	20.00	25,920	0.616	6.011	555.61	1,524	1,524	1,524	3.86	-	-
	20	Okt	16	0.001	1,394	-	63.00	0.012	16,846	20.00	27,648	0.616	6.188	610.19	783	783	783	1.76	-	-
	21	Nov	15	0.001	934	-	63.00	0.010	13,324	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	356	356	356	0.91	-	-
	22	Nov	15	0.000	626	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	182	182	182	0.70	-	-
	23	Des	15	0.032	41,505	-	63.00	0.003	4,139	20.00	25,920	0.616	5.179	478.71	41,027	30,059	30,059	100.00	10,968	-
	24	Des	16	0.076	105,124	10,968	63.47	0.011	15,827	20.00	27,648	1.060	4.835	819.77	115,272	43,475	43,475	100.00	71,797	-

*Sumber : Hasil Perhitungan, 2017*

Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung juta m<sup>3</sup>
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi
10. Kebutuhan irigasi m<sup>3</sup>
11. Kebutuhan air baku
12. Kebutuhan air baku m<sup>3</sup>
13. Data Teknis Embung
14. Perhitungan Penman Modifikasi
15.  $[4]*[13]*[14]/1000$
16.  $[6]+[7]-[15]>0$
17. Jika  $[6]+[7]-[15]>0$ ; maka [17]
18. [17]
19.  $[17]+[18]/100$
20.  $[16]-[17]$
21.  $[20] > 104,789$

Tabel 4.33 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2013

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irrigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI			Tamp. Sementara [m³]	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
								[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]														
2013	1	Jan	15	0.024	31,225	71,797	67.49	0.021	26,595	20.00	25,920	2,466	4.904	1,813.93	101,208	52,515	52,515	100.00	48,693	-
	2	Jan	16	0.081	111,687	48,693	66.37	0.017	24,117	20.00	27,648	1,969	4.810	1,515.47	158,865	51,765	51,765	100.00	104,789	2,310
	3	Feb	15	0.203	263,608	104,789	69.00	0.010	13,466	20.00	25,920	3,155	3.697	1,749.53	366,648	39,386	39,386	100.00	104,789	222,472
	4	Feb	14	0.127	153,762	104,789	69.00	0.013	15,652	20.00	24,192	3,155	4.583	2,024.28	256,527	39,844	39,844	100.00	104,789	111,894
	5	Mar	15	0.175	227,266	104,789	69.00	0.012	15,863	20.00	25,920	3,155	4.595	2,174.62	329,880	41,783	41,783	100.00	104,789	183,308
	6	Mar	16	0.428	591,320	104,789	69.00	0.014	19,928	20.00	27,648	3,155	4.810	2,427.81	693,681	47,576	47,576	100.00	104,789	541,315
	7	Apr	15	0.276	357,301	104,789	69.00	0.007	9,652	20.00	25,920	3,155	5.020	2,375.44	459,715	35,572	35,572	100.00	104,789	319,354
	8	Apr	15	0.130	168,617	104,789	69.00	0.005	6,794	20.00	25,920	3,155	5.194	2,457.76	270,949	32,714	32,714	100.00	104,789	133,446
	9	Mei	15	0.087	112,974	104,789	69.00	0.003	3,989	20.00	25,920	3,155	4.271	2,021.23	215,742	29,909	29,909	100.00	104,789	81,044
	10	Mei	16	0.055	75,692	104,789	69.00	0.004	5,712	20.00	27,648	3,155	4.206	2,123.32	178,358	33,360	33,360	100.00	104,789	40,209
	11	Jun	15	0.039	50,714	104,789	69.00	0.006	7,386	20.00	25,920	3,155	3.868	1,830.35	153,673	33,306	33,306	100.00	104,789	15,577
	12	Jun	15	0.026	33,978	104,789	69.00	0.007	9,495	20.00	25,920	3,155	3.898	1,844.74	136,923	35,415	35,415	100.00	101,508	-
	13	Jul	15	0.018	22,765	101,508	68.63	0.008	10,735	20.00	25,920	3,089	3.828	1,773.78	122,499	36,655	36,655	100.00	85,844	-
	14	Jul	16	0.011	15,253	85,844	68.08	0.007	10,032	20.00	27,648	2,759	3.861	1,704.19	99,393	37,680	37,680	100.00	61,713	-
	15	Agu	15	0.008	10,219	61,713	67.06	0.005	6,173	20.00	25,920	2,247	4.236	1,427.52	70,505	32,093	32,093	100.00	38,411	-
	16	Agu	16	0.005	6,847	38,411	65.78	0.002	3,377	20.00	27,648	1,756	4.268	1,199.12	44,059	31,025	31,025	100.00	13,034	-
	17	Sep	15	0.004	4,587	13,034	63.74	0.003	3,710	20.00	25,920	1,128	4.435	750.20	16,871	16,871	16,871	56.94	-	-
	18	Sep	15	0.002	3,074	-	63.00	0.006	7,500	20.00	25,920	0,616	4.540	419.68	2,654	2,654	2,654	7.94	-	-
	19	Okt	15	0.002	2,059	-	63.00	0.010	13,570	20.00	25,920	0,616	6.011	555.61	1,504	1,504	1,504	3.81	-	-
	20	Okt	16	0.001	1,380	-	63.00	0.012	16,846	20.00	27,648	0,616	6.188	610.19	770	770	770	1.73	-	-
	21	Nov	15	0.004	5,652	-	63.00	0.010	13,324	20.00	25,920	0,616	6.253	578.01	5,074	5,074	5,074	12.93	-	-
	22	Nov	15	0.061	79,258	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0,616	4.804	444.06	78,814	25,920	25,920	100.00	52,894	-
	23	Des	15	0.253	328,069	52,894	66.60	0.003	4,139	20.00	25,920	2,058	5.179	1,598.95	379,364	30,059	30,059	100.00	104,789	244,515
	24	Des	16	0.444	613,605	104,789	69.00	0.011	15,827	20.00	27,648	3,155	4.835	2,440.74	715,954	43,475	43,475	100.00	104,789	567,689

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2017*

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi
13. Data Teknis Embung
17. Jika  $[6]+[7]-[15]>0$ ; maka [17]
- No
6. Inflow Embung juta m<sup>3</sup>
10. Kebutuhan irigasi m<sup>3</sup>
14. Perhitungan Penman Modifikasi
18. [17]
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Kebutuhan air baku
15.  $[4]*[13]*[14]/1000$
19. [17]+[18]/100
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Kebutuhan air baku m<sup>3</sup>
16.  $[6]+[7]-[15]$
20. [16]- [17]
21.  $[20] > 104,789$

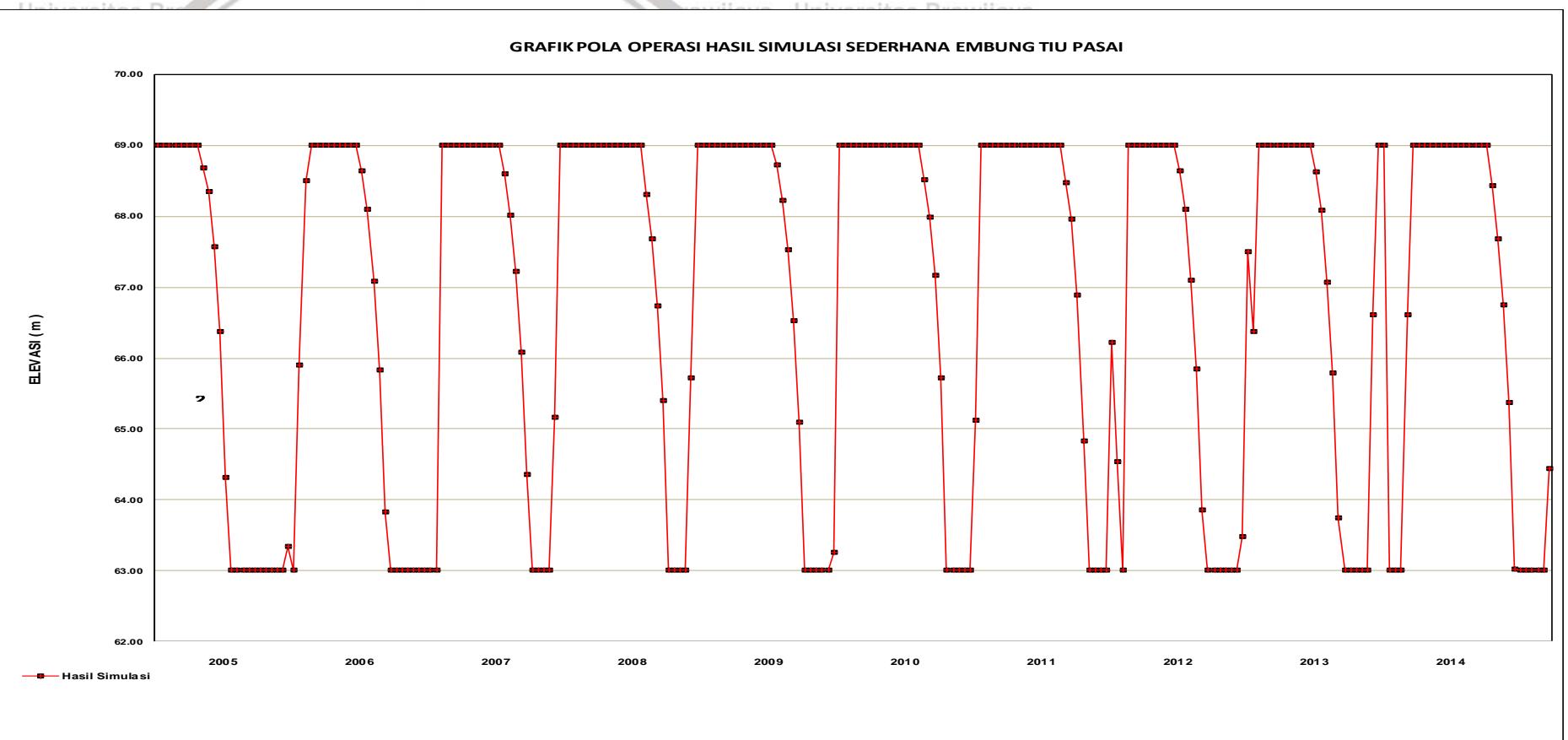
Tabel 4.34 Perhitungan Simulasi Embung Tiu Pasai tahun 2014

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irrigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI			Tamp. Sementara [m³]	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
								[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]															
2014	1	Jan	15	0.490	635,098	104,789	69.00	0.021	26,595	20.00	25,920	3.155	4.904	2,320.92	737,566	52,515	52,515	100.00	104,789	580,262	
	2	Jan	16	0.205	283,344	104,789	69.00	0.017	24,117	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428.00	385,706	51,765	51,765	100.00	104,789	229,151	
	3	Feb	15	1.545	2,002,173	104,789	69.00	0.010	13,466	20.00	25,920	3.155	3.697	1,749.53	2,105,213	39,386	39,386	100.00	104,789	1,961,038	
	4	Feb	14	1.422	1,719,563	104,789	69.00	0.013	15,652	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	1,822,328	39,844	39,844	100.00	104,789	1,677,695	
	5	Mar	15	0.559	724,508	104,789	69.00	0.012	15,863	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	827,123	41,783	41,783	100.00	104,789	680,550	
	6	Mar	16	0.385	532,221	104,789	69.00	0.014	19,928	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	634,582	47,576	47,576	100.00	104,789	482,217	
	7	Apr	15	0.252	326,919	104,789	69.00	0.007	9,652	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	429,333	35,572	35,572	100.00	104,789	288,972	
	8	Apr	15	0.169	219,036	104,789	69.00	0.005	6,794	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	321,368	32,714	32,714	100.00	104,789	183,865	
	9	Mei	15	0.113	146,754	104,789	69.00	0.003	3,989	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	249,522	29,909	29,909	100.00	104,789	114,824	
	10	Mei	16	0.071	98,325	104,789	69.00	0.004	5,712	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	200,991	33,360	33,360	100.00	104,789	62,842	
	11	Jun	15	0.051	65,878	104,789	69.00	0.006	7,386	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	168,837	33,306	33,306	100.00	104,789	30,741	
	12	Jun	15	0.034	44,138	104,789	69.00	0.007	9,495	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	147,083	35,415	35,415	100.00	104,789	6,878	
	13	Jul	15	0.023	29,573	104,789	69.00	0.008	10,735	20.00	25,920	3.155	3.828	1,811.72	132,550	36,655	36,655	100.00	95,895	-	
	14	Jul	16	0.014	19,814	95,895	68.43	0.007	10,032	20.00	27,648	2.969	3.861	1,834.04	113,875	37,680	37,680	100.00	76,195	-	
	15	Agu	15	0.010	13,275	76,195	67.68	0.005	6,173	20.00	25,920	2.560	4.236	1,626.93	87,843	32,093	32,093	100.00	55,749	-	
	16	Agu	16	0.006	8,894	55,749	66.75	0.002	3,377	20.00	27,648	2.117	4.268	1,445.74	63,198	31,025	31,025	100.00	32,173	-	
	17	Sep	15	0.005	5,959	32,173	65.37	0.003	3,710	20.00	25,920	1.624	4.435	1,080.10	37,052	29,630	29,630	100.00	7,422	-	
	18	Sep	15	0.003	3,993	7,422	63.02	0.006	7,500	20.00	25,920	0.937	4.540	638.08	10,777	10,777	10,777	32.25	-	-	
	19	Okt	15	0.002	2,675	-	63.00	0.010	13,570	20.00	25,920	0.616	6.011	555.61	2,119	2,119	2,119	5.37	-	-	
	20	Okt	16	0.001	1,792	-	63.00	0.012	16,846	20.00	27,648	0.616	6.188	610.19	1,182	1,182	1,182	2.66	-	-	
	21	Nov	15	0.001	1,201	-	63.00	0.010	13,324	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	623	623	623	1.59	-	-	
	22	Nov	15	0.001	805	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	361	361	361	1.39	-	-	
	23	Des	15	0.039	50,679	-	63.00	0.003	4,139	20.00	25,920	0.616	5.179	478.71	50,201	30,059	30,059	100.00	20,142	-	
	24	Des	16	0.030	41,263	20,142	64.44	0.011	15,827	20.00	27,648	1.353	4.835	1,046.61	60,358	43,475	43,475	100.00	16,883	-	

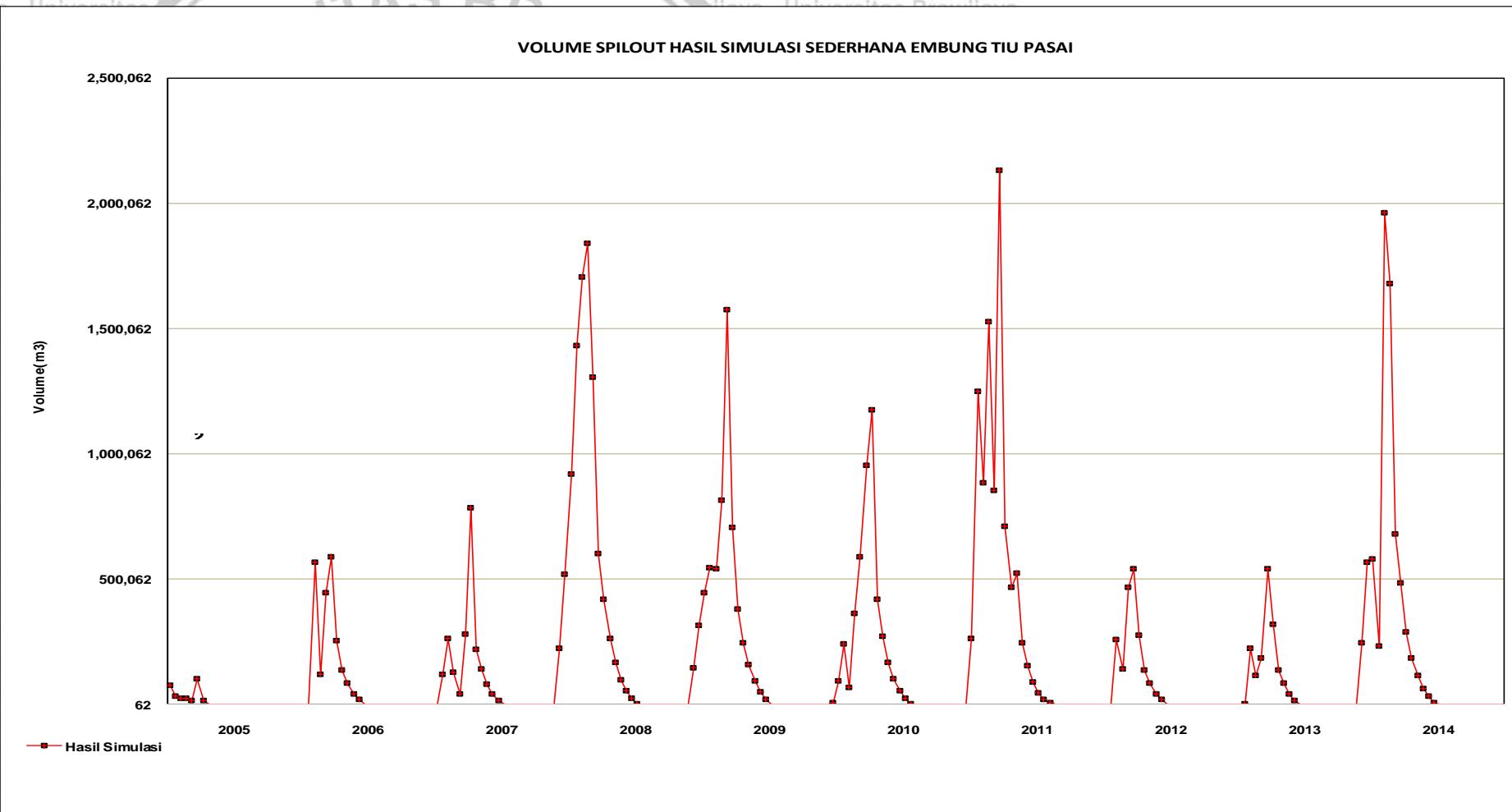
*Sumber: Hasil Perhitungan, 2017*

Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung juta m<sup>3</sup>
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi
10. Kebutuhan irigasi m<sup>3</sup>
11. Kebutuhan air baku
12. Kebutuhan air baku m<sup>3</sup>
13. Data Teknis Embung
14. Perhitungan Penman Modifikasi
15.  $[4]*[13]*[14]/1000$
16.  $[6]+[7]-[15]$
17. Jika  $[6]+[7]-[15]>0$ ; maka [17]
18. [17]
19.  $[17]+[18]/100$
20.  $[16]-[17]$
21.  $[20] > 104,789$



Gambar 4.4 Grafik Elevasi Muka Air Embung Tiu Pasai Hasil Dari Simulasi



Gambar 4.5 Grafik Volume Spilout Embung Tiu Passai Hasil Dari Simulasi

Dari simulasi Operasi Embung pada tabel 4.23 sampai dengan tabel 4.32 dan pada grafik 4.4 dan 4.5 sebelumnya dapat dikemukakan hal-hal sebagai berikut:

1. Selama 10 tahun operasi *time series*, maka total volume *inflow*  $51,676,146\text{m}^3$  setiap tahunnya sementara total volume kebutuhan  $8,358,194 \text{ m}^3$ , akan tetapi volume total limpahannya  $44,537,417 \text{ m}^3$ . Jadi tidak bisa diharapkan bahwa kebutuhan selalu dipenuhi dengan 100%.
2. Dari kapasitas tumpungan aktif sebesar  $104,789 \text{ m}^3$ , maka tumpungan embung pada awal bulan ke-1 di tahun pertama disimulasikan pada kondisi penuh dan terdapat kondisi kosong di pertengahan bulan ke-7 sampai pertengahan bulan ke-12 di tahun ke-1, kemudian pada akhir bulan ke-12 berada pada  $9,881 \text{ m}^3$  yang selanjutnya menjadi tumpungan awal di bulan ke-1. pada tahun ke-2 dan embung kembali pada kondisi penuh di bulan ke-2 periode ke-2 tahun ke-2. Pada akhir bulan ke-12 di tahun ke-5 volume tumpungan berada pada  $9,216 \text{ m}^3$ , dan pada akhir bulan ke-12 di tahun ke 10 berada pada  $20,142 \text{ m}^3$ . Hal ini berarti bahwa kondisi embung masih belum dapat memelihara siklus tahunannya dikarenakan tingginya volume limpahan sehingga Embung sering berada pada kondisi kosong.

## 4.6 Model Simulasi Simulasi Algoritma Genetik

### 4.6.1 Umum

Algoritma Genetik merupakan salah satu metode dari kelompok Simulasi untuk Simulasi. Prosedur jenis ini cenderung efektif terutama dalam mengeksplorasi berbagai bagian-bagian dari pada wilayah yang layak (*feasible*) dan secara gradual bergerak menuju solusi-solusi layak yang terbaik (*Hiller & Lieberman, 2010*).

Model Algoritma Genetik berpusat pada kromosom-kromosom yang mewakili alternatif solusi, alternatif solusi pada studi kali ini yaitu berupa aturan lepasan *outflow* berdasarkan Tumpungan dari Embung. Dengan fungsi tujuan memaksimalkan kebutuhan minimum untuk irigasi dan air baku. Cara kerja Algoritma Genetik pada studi kali ini dengan mensimulasikan embung berdasarkan tumpungan selama 10 tahun (2005-2014) dengan meninjau pemenuhan kebutuhan minimum (fungsi tujuan). Dari alternatif solusi (kromosom) tersebut diambil yang terbaik berdasarkan nilai kinerja, jadi untuk melihat alternatif dari beberapa lepasan *outflow* yang optimal bisa di lihat dari masing-masing fungsi kinerjanya. Kemudian dikembangkan sampai fungsi tujuan dan alternatif solusi tersebut menjadi homogen. Homogen dalam hal ini adalah keseragaman kromosom atau alternatif lepasan *outflow* yang sudah mirip atau identik satu sama lain dan sudah tidak bisa mencari



persilangan yang lebih baik. Jika di coba lagi maka hasil dari alternatifnya dan nilai kinerjanya tetap di angka yang sama.

Dalam model simulasi Algoritma Genetik ini, fungsi tujuannya adalah untuk memaksimalkan *outflow* pasokan irigasi dan air baku serta meningkatkan pemenuhan kebutuhan minimum tersebut. Model Algoritma Genetik berpusat pada struktur daripada kromosom. Kromosom dalam hal ini adalah aturan lepasan *outflow* yang mewakili alternatif solusi, jadi kromosom ini bisa dikatakan interhal lepasan *outflow* yang bermacam-macam variasinya dan mempunyai nilai kinerja berdasarkan fungsi tujuan. Jumlah kromosom untuk generasi awal berjumlah 16 kromosom, dan tiap-tiap kromosom memiliki 21 gen atau variabel yang dibangkitkan dengan cara acak. Berikut contoh alternatif aturan lepasan berdasarkan Tampungan dengan Algoritma Genetik:

Tabel 4.35 Contoh Alternatif Aturan Lepasan Berdasarkan Tampungan Pada Simulasi Algoritma Genetik

Tampungan Waduk [%]	Lepasan Waduk [%]						
	1	2	3	4	5	-	16
0.00	4.81	2.38	5.49	5.86	3.69	-	5.89
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
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
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

**Populasi**  
(Sekumpulan Alternatif Aturan Lepasan *outflow* Berdasarkan Tampungan)

**Kromosom**  
(Alternatif Solusi / Alternatif Aturan Lepasan *outflow*/Variabel Keputusan)

**Gen/Variabel**  
(Satu Aturan Lepasan, Berdasarkan Kondisi Tampungan Tertentu, dengan Interval 5%)

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Model simulasi Algoritma Genetika adalah proses simulasi yang secara iteratif mengembangkan dari suatu populasi kromosom-kromosom atau kumpulan dari alternatif lepasan *outflow* yang direncakan. Jadi dari kromosom (alternatif lepasan) tersebut akan dikembangkan sehingga tercapailah suatu kumpulan variabel lepasan *outflow* yang homogen (seragam) dan jika sudah homogen maka alternatif tersebut merupakan lepasan *outflow* yang terbaik. Untuk mengetahui suatu kumpulan variabel sudah homogen adalah dengan menghitung nilai variabel parameter aturan lepasan *outflow* terbesar dikurangi dengan nilai variabel lepasan *outflow* terkecil dari sekumpulan 16 kromosom terbaik.

#### 4.6.2 Reproduksi

Reproduksi adalah proses seleksi terhadap kromosom yang terdapat pada suatu populasi berdasarkan nilai kinerja dari masing-masing kromosom. Dalam penentuan nilai kinerja (*ranking*), semakin besar nilai fungsi tujuan maka semakin baik kinerja dari kromosom tersebut. Seperti yang sudah dijelaskan diatas bahwa setiap satu deret alternatif lepasan *outflow* memiliki nilai kinerja yang ditunjukkan lewat angka *decimal*. Kemudian dilanjutkan dengan proses *copy*, proses *copy* atau proses pemilihan generasi terbaik ini akan menjadi generasi turunan yang berikutnya. Proses seleksi disini memilih 16 variabel lepasan *outflow* terbaik (diranking) sesuai dengan nilai fungsi kinerjanya dari kumpulan variabel aturan lepasan *outflow* yang berjumlah 120. Jadi besarnya setiap generasi turunan berikutnya adalah sebanyak 16 variabel aturan lepasan *outflow*.

Jadi besarnya (setiap) generasi turunan berikutnya adalah sebanyak 16 kromosom seperti tabel berikut:



Tabel 4.36 Contoh 120 Kromosom Beserta Fungsi Kinerja Algoritma Genetik Pada Turunan Pertama

No.	1	2	3	4	5	6	7	-	120
Kinerja	4.38	5.54	5.84	4.49	4.4	4.52	4.71	-	6.52
Tampungan Waduk	Lepasan Waduk [%]								
[%]	1	2	3	4	5	6	7	-	120
0.00	4.67	5.56	5.84	4.49	4.40	4.54	4.71	-	4.48
5.00	5.77	3.28	6.05	4.82	4.69	4.78	4.81	-	6.52
10.00	7.05	12.71	6.67	5.89	5.58	6.12	5.81	-	6.98
15.00	8.57	13.86	7.07	10.05	11.97	11.25	9.97	-	7.51
20.00	15.25	94.09	12.67	16.15	18.79	20.25	15.25	-	8.40
25.00	18.92	57.68	15.93	20.10	22.06	24.31	18.58	-	10.23
30.00	25.74	108.75	18.92	26.51	29.03	30.58	23.18	-	11.38
35.00	30.85	64.49	28.18	29.44	37.33	36.17	27.52	-	17.76
40.00	33.34	80.79	34.32	33.24	41.31	38.22	30.64	-	21.64
45.00	41.32	94.74	41.00	38.54	47.67	43.42	36.34	-	27.76
50.00	46.43	118.07	47.53	44.70	56.42	49.62	43.85	-	31.79
55.00	50.69	91.09	52.65	51.90	62.90	57.73	50.91	-	35.41
60.00	51.89	63.67	59.59	56.60	66.68	61.44	56.05	-	43.65
65.00	60.16	120.47	67.71	63.55	72.64	67.45	63.75	-	51.42
70.00	66.15	65.58	71.13	68.80	77.08	71.52	68.05	-	59.06
75.00	71.17	54.79	75.34	74.22	81.06	75.58	71.19	-	66.35
80.00	78.38	86.48	81.21	81.21	86.03	82.13	78.56	-	73.71
85.00	84.83	101.11	88.96	86.56	89.11	89.82	85.02	-	80.31
90.00	89.33	56.82	94.29	91.31	92.53	94.56	91.24	-	90.42
95.00	94.04	30.02	96.62	95.33	96.54	96.56	96.64	-	94.61
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-	100.00

Fungsi Kinerja

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Dari 120 masing-masing alternatif lepasan *outflow* tersebut pada satu generasi populasi, tiap-tiap alternatif lepasan *outflow* memiliki nilai kinerja terhadap fungsi tujuan. Berdasarkan fungsi kinerja tersebut akan diseleksi menjadi 16 alternatif lepasan *outflow* (kromosom) terpilih yang memiliki kinerja terbaik pada suatu populasi.

Tabel 4.37 Contoh Kromosom Hasil Seleksi Pada Turunan Pertama

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Posisi	53	14	120	109	110	41	54	104	42	64	15	48	3	30	105	51
Kinerja	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
Tampungan Waduk [%]																
Lepasan Waduk [%]																
0.00	7.25	4.58	4.48	4.43	6.22	4.26	6.16	2.80	6.04	4.45	6.01	5.85	5.84	5.81	5.71	5.70
5.00	7.52	6.54	6.52	6.40	6.48	6.18	6.36	6.07	6.24	5.99	6.24	6.28	6.05	6.00	6.07	5.88
10.00	7.85	7.16	6.98	7.06	7.51	6.47	6.98	6.19	7.16	6.58	7.26	6.37	6.67	6.69	6.16	6.63
15.00	8.45	8.49	7.51	9.84	7.98	7.32	7.15	7.29	7.33	7.76	7.64	6.81	7.07	7.10	7.61	7.26
20.00	9.07	8.92	8.40	10.03	12.40	7.53	12.46	8.30	13.35	8.00	13.46	11.79	12.67	12.82	12.58	13.23
25.00	10.06	9.55	10.23	10.73	15.63	8.55	18.83	9.14	18.33	10.19	17.20	20.02	15.93	18.19	17.63	15.99
30.00	11.82	10.95	11.38	12.89	20.85	11.83	22.68	10.44	24.18	13.04	23.74	22.48	18.92	21.56	20.07	24.14
35.00	20.26	15.81	17.76	13.91	22.39	17.20	26.69	19.47	28.25	17.29	28.00	31.91	28.18	29.99	26.09	30.75
40.00	30.10	20.52	21.64	17.28	25.16	27.05	34.28	30.38	33.55	22.82	31.27	41.11	34.32	37.77	33.12	37.17
45.00	37.47	26.78	27.76	22.74	31.95	32.14	40.85	40.04	39.55	27.33	37.60	49.03	41.00	43.72	39.87	43.46
50.00	46.34	34.61	31.79	32.60	35.88	41.68	47.57	44.41	45.05	34.14	42.30	53.15	47.53	50.66	42.65	49.78
55.00	49.59	41.84	35.41	36.31	41.04	44.47	52.41	47.49	48.15	38.62	50.06	56.36	52.65	53.91	46.64	54.22
60.00	56.31	47.71	43.65	45.23	51.41	53.42	60.83	49.39	58.00	44.78	57.79	61.54	59.59	61.40	52.72	61.32
65.00	64.28	55.64	51.42	53.34	59.52	61.74	68.48	56.58	66.10	50.25	65.68	68.10	67.71	68.93	59.75	70.24
70.00	69.04	61.94	59.06	56.50	63.89	66.71	74.65	62.83	70.89	56.95	70.61	71.49	71.13	72.13	66.61	74.16
75.00	77.89	65.68	66.35	62.20	70.60	71.27	81.93	66.30	75.67	65.50	75.06	72.93	75.34	78.57	70.64	82.05
80.00	78.77	73.20	73.71	70.53	77.24	77.93	83.73	70.07	81.80	73.37	81.66	73.38	81.21	83.38	72.66	83.15
85.00	85.12	80.07	80.31	76.58	83.71	83.39	90.62	74.76	87.36	78.61	88.40	78.45	88.96	89.61	77.63	87.27
90.00	89.69	86.50	90.42	86.65	93.50	87.22	94.73	82.40	91.72	84.82	95.38	87.44	94.29	92.49	86.75	90.34
95.00	94.95	91.98	94.61	92.46	95.29	91.07	97.51	90.16	93.39	93.23	96.74	93.86	96.62	94.47	94.76	93.16
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, 2017

#### 4.6.3 Crossover

Crossover adalah persilangan antara alternatif lepasan *outflow* (kromosom) yang ada pada suatu generasi turunan. Crossover merupakan bagian dari proses reproduksi, yakni persilangan antara satu alternatif lepasan dengan alternatif lepasan yang lain. Hasil persilangan ini membentuk populasi dari generasi berikutnya (dalam studi ini sebanyak 120 alternatif lepasan *outflow* yang baru). Pada studi ini persilangan antara dua alternatif lepasan pada satu generasi akan menghasilkan satu alternatif lepasan yang baru lagi. Pada persilangan ini, setiap variabel dari kromosom baru merupakan gabungan antara dua variabel dari kedua kromosom generasi turunan. Untuk variabel ke-i, rumus stokastik penggabungannya sebagai berikut:

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

Contoh perhitungan variabel/gen baru hasil persilangan antara dua variabel dari kedua kromosom generasi turunan (aturan lepasan berdasarkan kondisi tampungan 0% -100%), memberikan variabel baru sebagai berikut:

Tabel 4.38 Perhitungan 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, 2017

$$Vi = V1i \times U [0.1] + V2i \times (1-U [0.1])$$

$$Vi = 0.58 \times 0,36 + 0.58 \times (1-0,36)$$

$$Vi = 0.58$$

Dengan Vi adalah variabel dari kromosom baru gabungan atau variasi dari alternatif lepasan *outflow*, V1i dan V2i adalah varibel 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 Vi 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.

#### **4.7 Model Simulasi Lepasan Embung Tiu Pasai dengan Algoritma Genetik**

Untuk dapat mengaplikasikan Algoritma Genetik, ada beberapa langkah yang harus dilakukan antara lain men-*generate* fungsi awal dalam bentuk representasi alternatif lepasan (kromosom) yang akan kita cari, maka kromosom dalam hal ini adalah variabel aturan lepasan *outflow* berdasarkan Tampungan dengan fungsi tujuannya adalah memaksimalkan *outflow* pasokan irigasi dan air baku sehingga akan meningkatkan pemenuhan kebutuhan minimum irigasi dan air baku, jadi proses simulasi dengan algoritma genetik akan mencari kromosom terbaik yang merupakan variabel aturan lepasan *outflow* yang akan menghasilkan nilai maksimum daripada debit *outflow* minimum pemenuhan irigasi dan air baku. Proses simulasi Algoritma Genetik ini berlangsung secara iteratif dengan menghitung secara langsung kinerja kromosom (alternatif aturan lepasan) pada simulasi embung selama 10 tahun. Berikut adalah tahapan Simulasi Algoritma Genetik:

##### **1. Proses Inisialisasi**

Pada proses Inisialisasi maka dibangkitkan secara stokastik populasi pertama sebanyak 16 kromosom (Alternatif Aturan Lepasan). Pada Satu kromosom alternatif lepasan dibangkitkan melalui dua tahap yaitu:

- a. 5000 Iterasi awal
- b. 1000 Iterasi lanjutan dengan kisaran acak 0.3000 – 0.0005

##### **2. Crossover**

Setelah terbentuk 16 alternatif lepasan (kromosom) pada generasi pertama hasil bangkitan dari proses Inisialisasi, kemudian dilakukan proses *Crossover*. Proses ini merupakan persilangan antara alternatif lepasan dengan alternatif lepasan pada suatu generasi turunan. Pada proses ini maka ada prioritas bagi alternatif lepasan hasil *Crossover* adanya perbaikan minimal 1 kali. Proses *Crossover* ini akan menghasilkan 120 alternatif lepasan baru hasil kombinasi antar generasi.

##### **3. Reproduksi (seleksi)**

Dari 120 alternatif lepasan (kromosom) hasil *Crossover* kemudian dipilihlah 16 alternatif lepasan (kromosom) hasil seleksi inilah yang akan menjadi generasi turunan berikutnya.

##### **4. Kondisi Optimal**

Proses perbaikan ini 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 (alternatif lepasan) terbaik saja. Maka sudah tidak memungkinkan lagi untuk melakukan perbaikan nilai kinerja, jika dilakukan perbaikan lagi maka hasil yang didapat juga akan mempunyai nilai kinerja yang sama.

#### 4.7.1 Proses Inisialisasi Algoritma Genetik

Sebagai langkah awal dalam proses simulasi pada Algoritma Genetik, maka dicari alternatif lepasan awal dari skedul aturan lepasan *outflow* dengan melakukan proses inisialisasi. Dalam proses inisialisasi ini dibangkitkan secara stokastik 16 alternatif skedul aturan lepasan *outflow*, dimana setiap alternatif diisyaratkan untuk menghasilkan debit *outflow* minimum sebagai nilai kinerja dan fungsi tujuan. Proses ini berfungsi untuk membentuk sebuah populasi generasi pertama, atau kelompok alternatif lepasan *outflow* yang pertama kali tersusun. Berikut adalah input yang menjadi bagian dari proses dari simulasi Algoritma Genetik dengan menggunakan Program *Microsoft Excel-VBA* dalam perhitungan simulasi:

1. Banyaknya Generasi : 16
2. Iterasi : Iterasi Awal = 5000  
: Iterasi Lanjutan = 1000
3. Kisaran Acak : 0.3000 – 0.0005

Berikut adalah sub program dalam perhitungan simulasi generasi awal:

<i>Program Microsoft Excel-VBA (Visual Basic for Application)</i>	
<i>Sub A1_Simulasi_Aacak_Generasi_Awal()</i>	
<i>Calculate</i>	
<i>With Worksheets("Penel_OP_Wdk_1")</i>	
<i>Iter_Awal = 50</i>	
<i>Iter_Lanj = 10</i>	
<i>Iter_Kisr = 10</i>	
<i>.Range("BU3:DR60").ClearContents</i>	
<i>.Range("BBS3:BDP22").ClearContents</i>	

```

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
                End If
            Next i
        Next k
    Next i
End If

```



```

.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

```



Perintah yang dijalankan dari sub program B\_Generasi\_Awal menghasilkan data populasi generasi awal seperti yang tertera pada tabel berikut:

Tabel 4.39 Hasil Bangkitan Populasi Awal dari Proses Inisialisasi

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Kinerja	4.81	2.28	5.49	5.86	3.69	3.18	3.79	3.78	2.72	3.72	3.78	3.37	4.48	3.38	7.27	5.89
<b>Tampungan Waduk [%]</b>																
Lepasan Waduk [%]																
0.00	4.81	2.38	5.49	5.86	3.69	3.18	3.79	3.78	2.77	0.71	3.78	3.37	4.48	3.38	4.09	5.89
5.00	5.05	6.31	5.68	6.04	4.90	3.83	4.64	3.84	6.47	3.72	4.97	6.38	4.56	3.69	7.27	6.10
10.00	5.88	15.58	6.48	6.59	7.46	7.47	6.93	11.18	12.34	3.76	5.61	6.72	6.77	11.60	7.44	7.38
15.00	9.92	16.36	7.29	6.94	11.89	15.13	12.09	17.44	13.59	7.86	14.03	9.71	11.32	18.76	8.24	7.54
20.00	15.94	22.72	13.31	13.30	18.38	21.17	19.90	20.41	18.07	12.63	18.41	12.09	17.57	22.73	8.41	12.87
25.00	19.17	26.61	19.16	20.38	26.82	24.23	25.49	26.10	23.16	22.05	21.20	19.06	20.55	24.86	8.80	17.33
30.00	25.97	33.11	26.73	23.02	31.62	30.67	30.72	29.10	26.61	24.14	25.67	25.94	29.85	30.63	9.73	22.31
35.00	30.35	38.22	30.47	31.61	32.83	38.30	36.64	32.96	27.10	32.62	25.93	33.49	36.35	37.28	15.94	26.27
40.00	33.96	39.73	36.70	39.43	37.34	43.34	37.20	34.63	34.26	42.95	28.71	41.07	40.84	40.26	26.16	29.04
45.00	40.39	47.95	41.72	45.65	41.27	49.43	39.29	39.40	37.98	52.21	33.27	45.14	46.99	45.87	31.07	35.66
50.00	46.72	52.02	50.67	51.94	47.07	57.92	44.86	46.31	41.96	54.35	40.19	50.42	53.22	50.92	40.31	38.70
55.00	55.37	54.73	52.66	55.53	51.60	63.48	50.34	51.68	50.62	57.71	44.27	55.42	59.27	56.06	43.10	43.77
60.00	59.03	54.83	61.24	62.56	56.78	66.92	57.26	58.27	54.23	59.47	54.71	60.57	66.65	61.63	48.73	53.59
65.00	66.80	62.88	69.19	70.64	58.31	71.95	61.87	65.16	58.86	60.42	62.12	65.44	75.87	66.20	55.67	61.31
70.00	71.05	68.62	73.43	73.52	63.86	76.28	66.02	71.87	66.88	65.88	63.13	70.70	80.21	70.23	62.15	68.38
75.00	74.13	73.87	78.13	81.28	72.57	83.98	71.83	74.95	67.83	66.59	68.22	77.01	82.84	74.36	66.37	75.04
80.00	81.22	80.83	83.61	81.58	79.42	88.01	76.93	81.99	76.92	67.12	75.64	83.39	85.89	78.41	73.70	81.28
85.00	88.49	83.24	88.89	89.06	84.17	88.56	83.48	84.72	85.21	71.28	82.29	87.14	88.12	82.56	78.18	87.32
90.00	94.61	83.25	91.43	92.70	86.78	89.87	87.24	91.55	92.36	81.34	92.32	89.23	90.41	87.22	83.99	96.50
95.00	96.59	90.66	93.33	95.97	95.11	94.81	93.34	97.66	93.12	90.64	94.45	93.31	91.47	92.04	90.92	97.75
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, 2017

#### 4.7.2 Proses Crossover Algoritma Genetik

Selanjutnya adalah proses *crossover* atau persilangan antar alternatif lepasan *outflow* sehingga dari saling menyilangkan alternatif lepasan tersebut terbentuk populasi sejumlah 120 alternatif lepasan dari hasil kombinasi antar generasi awal yang berjumlah 16 alternatif lepasan menggunakan perintah algoritma yang disajikan melalui sub program *Crossover* sebagai berikut:

Program Microsoft Excel-VBA (Visual Basic for Application)	
<i>Sub B1_Crossover()</i>	
<i>Calculate</i>	
<i>With Worksheets("Penel_OP_Wdk_1")</i>	
<i>.Range("BD1").Value = 3</i>	
<i>L_populasi = .Range("DW2").Value</i>	
<i>I_cross = .Range("DW6").Value</i>	



```

universitas brawijaya universitas brawijaya universitas brawijaya universitas brawijaya
.unRange("EH3:AZJ5").ClearContents
.unRange("EH9:AZJ9").ClearContents
.unRange("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

```

```

universitas brawijaya universitas brawijaya universitas brawijaya universitas brawijaya
.unRange("EH3:AZJ5").ClearContents
.unRange("EH9:AZJ9").ClearContents
.unRange("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, L_p).Value = Ada_Perbaikan
For prd = 1 To 21
    .Range("EG11").Offset(prd, 1).Value = .Range("ED11").Offset(prd, 0).Value
    Next prd
    Next L_p
    End With
    Calculate
End Sub

```

Perintah yang dijalankan dari sub program C\_Crossover() untuk persilangan antara 16 kromosom menghasilkan data populasi seperti yang tertera pada tabel berikut:

Tabel 4.40 Populasi Aturan Lepasan Hasil Kombinasi Antar Generasi pada Proses

Crossover pada Generasi ke- 7

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, 2017



Jadi 120 alternatif lepasan (kromosom) ini merupakan hasil dari persilangan yang telah dilakukan sebanyak 7 kali antar alternatif lepasan (kromosom) dari pembangkitan generasi alternatif lepasan pertama kali dari proses inisialisasi.

#### 4.7.3 Proses Reproduksi Algoritma Genetik

Proses reproduksi pada proses perbaikan ini melaksanakan peningkatan kualitas dengan melakukan seleksi terhadap populasi alternatif lepasan. Populasi yang terdiri dari 120 alternatif lepasan kemudian diseleksi berdasarkan ranking dari nilai kinerja dari setiap alternatif lepasan (kromosom). Pada proses perbaikan pada tiap alternatif lepasan perbaikan minimal 1 kali. Dari 120 alternatif lepasan akan dipilih 16 kromosom terbaik untuk menghasilkan generasi turunan berikutnya. Berikut kromosom perbaikan yang terpilih menjadi generasi turunan variabel aturan lepasan *outflow* berikutnya:

Tabel 4.41 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
Lepasan Waduk																
[%]																
Tampungan 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	10.32	10.33	10.33	10.33
25.00	11.53	11.52	11.53	11.52	11.53	11.53	11.52	11.52	11.53	11.52	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	21.37	21.38	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	65.85	65.82	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	73.65	73.68	73.71	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, 2017

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 dianggap alternatif aturan lepasan tersebut sudah maksimal. Untuk memeriksa apakah kumpulan alternatif lepasan (populasi 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 4.42 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	Kondisi Homogen
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	0.00
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	9.98	9.97	9.98	9.98	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	13.28	13.29	13.29	13.30	0.02
35.00	16.50	16.52	16.50	16.50	16.50	16.51	16.52	16.52	16.51	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, 2017

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 tepilih menjadi anggota populasi berikutnya adalah alternatif lepasan yang lebih baik (diantara pasangan tersebut). Karena dalam seleksi kromosom generasi turunan adalah 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.

#### 4.8 Rekapitulasi Hasil Simulasi Algoritma Genetik

Secara umum hasil perhitungan iteratif dari simulasi Algoritma Genetika yang telah optimal berdasarkan fungsi tujuan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.43 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	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	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	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	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	8.64	8.63	8.63	8.62	8.62	8.62	8.61	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.59	8.59	8.60	8.60
Generasi Turunan	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	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	8.84	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	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	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	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	8.87
Generasi Turunan	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, 2017

Homogen

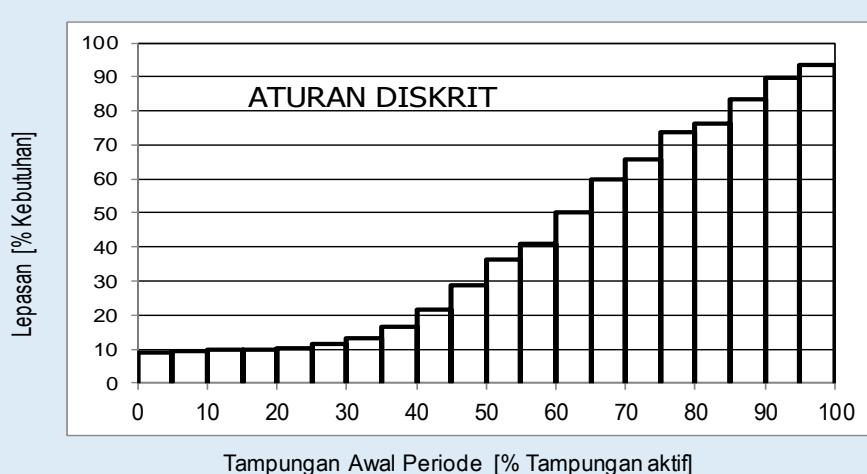
Berdasarkan hasil fungsi tujuan dan alternatif aturan lepasan yang sudah homogen (seragam) maka ditetapkan aturan lepasan pada Embung Tiu Pasai berdasarkan Tampungan yang dianggap optimal dengan menggunakan metode Algoritma Genetik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.44 Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Metode Algoritma Genetik

Batas Minimum Tampungan Embung [%]	Lepasan [%]
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

Batas Minimum Tampungan Embung [%]	Lepasan [%]
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

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017



Gambar 4.6 Grafik Hasil Simulasi Aturan Lepasan Berdasarkan Tampungan

Berdasarkan Tabel 4.41 atau Gambar 4.5, 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%).

#### 4.9 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Tampungan Hasil Dari Algoritma Genetik tahun 2005-2014

Berikut adalah simulasi Embung Tiu Pasai dengan aturan lepasan berdasarkan tampungan hasil dari Algoritma Genetik tahun 2005-2014:

Tabel 4.45 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2005

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode Embung [mdpl]	Elevasi Muka Air Embung [m]	KEBUTUHAN AIR [m³/dt]	KEBUTUHAN AIR [m³]	EVAPORASI			Pct. Tamp. Aktif	PCT Kebutuhan		OUTFLOW PASOKAN AIR		Tamp. Sementara	Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
										Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]		[%]	[%]	[m³]	Volume [m³]	Persen [%]			
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]		[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
2005	1	Jan-1	15	0.10	128,007	104,789	69.00	0.053	68,157	3.155	4.904	2,321	100.00	100.00	68,157	68,157	100.00	162,319	104,789	57,530	
	2	Jan-2	16	0.06	85,765	104,789	69.00	0.050	68,456	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	68,456	68,456	100.00	119,670	104,789	14,880	
	3	Feb-1	14	0.05	57,462	104,789	69.00	0.042	51,360	3.155	3.697	1,633	100.00	100.00	51,360	51,360	100.00	109,259	104,789	4,470	
	4	Feb-2	14	0.05	64,389	104,789	69.00	0.045	54,444	3.155	4.583	2,024	100.00	100.00	54,444	54,444	100.00	112,710	104,789	7,920	
	5	Mar-1	15	0.04	57,744	104,789	69.00	0.044	57,426	3.155	4.595	2,175	100.00	100.00	57,426	57,426	100.00	102,933	102,933	-	
	6	Mar-2	16	0.11	150,051	102,933	68.68	0.046	64,268	3.119	4.810	2,400	98.23	93.56	60,131	60,131	93.56	190,452	104,789	85,660	
	7	Apr-1	15	0.04	49,897	104,789	69.00	0.040	51,218	3.155	5.020	2,375	100.00	100.00	51,218	51,218	100.00	101,093	101,093	-	
	8	Apr-2	15	0.03	33,431	101,093	68.61	0.037	48,354	3.083	5.194	2,402	96.47	93.56	45,242	45,242	93.56	86,880	86,880	-	
	9	Mei-1	15	0.02	22,399	86,880	68.12	0.035	45,554	2.783	4.271	1,783	82.91	76.15	34,687	34,687	76.15	72,809	72,809	-	
	10	Mei-2	16	0.01	15,007	72,809	67.54	0.036	50,043	2.486	4.206	1,673	69.48	59.86	29,954	29,954	59.86	56,189	56,189	-	
	11	Jun-1	15	0.01	10,055	56,189	66.78	0.038	48,950	2.127	3.868	1,234	53.62	36.46	17,848	17,848	36.46	47,162	47,162	-	
	12	Jun-2	15	0.01	6,737	47,162	66.29	0.039	51,062	1.938	3.898	1,133	45.01	28.74	14,677	14,677	28.74	38,088	38,088	-	
	13	Jul-1	15	0.00	4,514	38,088	65.76	0.040	52,294	1.748	3.828	1,004	36.35	16.52	8,638	8,638	16.52	32,960	32,960	-	
	14	Jul-2	16	0.00	3,024	32,960	65.42	0.039	54,370	1.641	3.861	1,014	31.45	13.29	7,228	7,228	13.29	27,743	27,743	-	
	15	Ags-1	15	0.00	2,026	27,743	65.07	0.037	47,732	1.522	4.236	967	26.47	11.52	5,500	5,500	11.52	23,302	23,302	-	
	16	Ags-2	16	0.00	1,358	23,302	64.71	0.035	47,707	1.424	4.268	972	22.24	10.33	4,927	4,927	10.33	18,760	18,760	-	
	17	Sep-1	15	0.00	910	18,760	64.32	0.035	45,269	1.313	4.435	874	17.90	9.98	4,516	4,516	9.98	14,280	14,280	-	
	18	Sep-2	15	0.00	609	14,280	63.89	0.038	49,067	1.166	4.540	794	13.63	9.62	4,722	4,722	9.62	9,373	9,373	-	
	19	Okt-1	15	0.00	408	9,373	63.27	0.043	55,132	1.007	6,011	908	8.94	9.19	5,067	5,067	9.19	3,807	3,807	-	
	20	Okt-2	16	0.00	274	3,807	63.00	0.044	61,185	0.780	6,188	772	3.63	8.88	5,431	5,431	3.00	-	-	-	
	21	Nov-1	15	0.00	6,446	-	63.00	0.042	54,886	0.616	6,253	578	0.00	8.88	4,872	4,872	0.00	-	996	-	
	22	Nov-2	15	0.01	14,917	996	63.00	0.032	41,563	0.657	4,804	474	0.95	8.88	3,689	3,689	0.00	11,750	11,750	-	
	23	Des-1	15	0.03	40,349	11,750	63.57	0.035	45,697	1.082	5,179	841	11.21	9.62	4,398	4,398	9.62	46,860	46,860	-	
	24	Des-2	16	0.01	12,146	46,860	66.28	0.044	60,162	1.930	4,835	1,493	44.72	21.38	12,860	12,860	21.38	44,653	44,653	-	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

- Tahun
- No
- Periode
- Banyak Hari
- Inflow Embung
- Inflow Embung m³
- Tampungan Awal Periode
- Elevasi Muka Air Embung
- Kebutuhan irigasi dan air baku
- Kebutuhan irigasi dan air baku m³
- Data Teknis Embung
- Perhitungan Penman Modifikasi
- [4]\*[11]\*[12]/1000
- 100\*[17]/tampungan aktif)
- Dilihat dari aturan Lepasan
- [10]\*[15]/100
- Jika [6]+[7]-[13]>0; maka [17]
- [[17]/[10]\*100
- [6]+[7]-[13]-[17]
- [19] > 104,789
- Jika [20] > 104,789

Tabel 4.46 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2006

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN AIR [m³/dt]	KEBUTUHAN AIR [m³]	EVAPORASI			Pet. Tamp.Aktif [%]	PCT Kebutuhan		OUTFLOW PASOKAN AIR			Tamp. Sementara [m³]	Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
										Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]		VOLUME [m³]	Persen [%]	VOLUME [m³]	Persen [%]				
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]	
2006	1	Jan-1	15	0.07	92,924	44,653	66.16	0.053	68,157	1.884	4.904	1,386	42.61	21.38	14,569	14,569	21.38	121,622	104,789	16,830	
	2	Jan-2	16	0.08	111,072	104,789	69.00	0.050	68,456	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	68,456	68,456	100.00	144,977	104,789	40,190	
	3	Feb-1	14	0.47	571,158	104,789	69.00	0.042	51,360	3.155	3.697	1,633	100.00	100.00	51,360	51,360	100.00	622,955	104,789	518,170	
	4	Feb-2	14	0.13	161,823	104,789	69.00	0.045	54,444	3.155	4.583	2,024	100.00	100.00	54,444	54,444	100.00	210,144	104,789	105,350	
	5	Mar-1	15	0.38	486,451	104,789	69.00	0.044	57,426	3.155	4.595	2,175	100.00	100.00	57,426	57,426	100.00	531,640	104,789	426,850	
	6	Mar-2	16	0.46	635,318	104,789	69.00	0.046	64,268	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	64,268	64,268	100.00	673,411	104,789	568,620	
	7	Apr-1	15	0.22	288,849	104,789	69.00	0.040	51,218	3.155	5.020	2,375	100.00	100.00	51,218	51,218	100.00	340,045	104,789	235,260	
	8	Apr-2	15	0.13	169,872	104,789	69.00	0.037	48,354	3.155	5.194	2,458	100.00	100.00	48,354	48,354	100.00	223,850	104,789	119,060	
	9	Mei-1	15	0.09	113,814	104,789	69.00	0.035	45,554	3.155	4.271	2,021	100.00	100.00	45,554	45,554	100.00	171,028	104,789	66,240	
	10	Mei-2	16	0.06	76,255	104,789	69.00	0.036	50,043	3.155	4.206	2,123	100.00	100.00	50,043	50,043	100.00	128,879	104,789	24,090	
	11	Jun-1	15	0.04	51,091	104,789	69.00	0.038	48,950	3.155	3.868	1,830	100.00	100.00	48,950	48,950	100.00	105,100	104,789	310	
	12	Jun-2	15	0.03	34,231	104,789	69.00	0.039	51,062	3.155	3.898	1,845	100.00	100.00	51,062	51,062	100.00	86,113	86,113	-	
	13	Jul-1	15	0.02	22,935	86,113	68.09	0.040	52,294	2.765	3.828	1,588	82.18	76.15	39,819	39,819	76.15	67,642	67,642	-	
	14	Jul-2	16	0.01	15,366	67,642	67.31	0.039	54,370	2.376	3.861	1,468	64.55	50.27	27,334	27,334	50.27	54,206	54,206	-	
	15	Ags-1	15	0.01	10,295	54,206	66.67	0.037	47,732	2.082	4.236	1,323	51.73	36.46	17,404	17,404	36.46	45,775	45,775	-	
	16	Ags-2	16	0.00	6,898	45,775	66.22	0.035	47,707	1.907	4.268	1,302	43.68	21.38	10,198	10,198	21.38	41,173	41,173	-	
	17	Sep-1	15	0.00	4,622	41,173	65.97	0.035	45,269	1.814	4.435	1,207	39.29	16.52	7,477	7,477	16.52	37,110	37,110	-	
	18	Sep-2	15	0.00	3,096	37,110	65.70	0.038	49,067	1.729	4.540	1,177	35.41	16.52	8,105	8,105	16.52	30,925	30,925	-	
	19	Okt-1	15	0.00	2,075	30,925	65.29	0.043	55,132	1.593	6.011	1,436	29.51	11.52	6,352	6,352	11.52	25,211	25,211	-	
	20	Okt-2	16	0.00	1,390	25,211	64.88	0.044	61,185	1.468	6.188	1,453	24.06	10.33	6,319	6,319	10.33	18,828	18,828	-	
	21	Nov-1	15	0.00	931	18,828	64.32	0.042	54,886	1.317	6.253	1,235	17.97	9.98	5,475	5,475	9.98	13,048	13,048	-	
	22	Nov-2	15	0.01	16,156	13,048	63.74	0.032	41,563	1.128	4.804	813	12.45	9.62	4,000	4,000	9.62	24,392	24,392	-	
	23	Des-1	15	0.03	36,936	24,392	64.81	0.035	45,697	1.448	5.179	1,125	23.28	10.33	4,720	4,720	10.33	55,483	55,483	-	
	24	Des-2	16	0.03	36,685	55,483	66.74	0.044	60,162	2.112	4.835	1,634	52.95	36.46	21,936	21,936	36.46	68,598	68,598	-	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

## Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
2. No
6. Inflow Embung  $m^3$
10. Kebutuhan irigasi dan air baku  $m^3$
14.  $100*( [7]/\text{tampungan aktif})$
18.  $[[17]/[10]*100$
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Data Teknis Embung
15. Dilihat dari aturan Lepasan
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
16.  $[10]*[15]/100$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.47 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2007

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN AIR [m³/dt]	KEBUTUHAN AIR [m³]	EVAPORASI			Pet. Tamp.Aktif [%]	PCT Kebutuhan		OUTFLOW PASOKAN AIR		Tamp. Sementara [m³]	Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
										Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]		[%]	[%]	[m³]	Volume [m³]	Persen [%]		
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
2007	1	Jan-1	15	0.01	14,000	68,598	67.35	0.053	68,157	2.396	4.904	1,763	65.46	59.86	40,797	40,797	59.86	40,039	40,039	-
	2	Jan-2	16	0.20	276,279	40,039	65.89	0.050	68,456	1.791	4.810	1,378	38.21	16.52	11,307	11,307	16.52	303,632	104,789	198,840
	3	Feb-1	14	0.23	282,224	104,789	69.00	0.042	51,360	3.155	3.697	1,633	100.00	100.00	51,360	51,360	100.00	334,021	104,789	229,230
	4	Feb-2	14	0.14	168,833	104,789	69.00	0.045	54,444	3.155	4.583	2,024	100.00	100.00	54,444	54,444	100.00	217,154	104,789	112,360
	5	Mar-1	15	0.07	85,641	104,789	69.00	0.044	57,426	3.155	4.595	2,175	100.00	100.00	57,426	57,426	100.00	130,830	104,789	26,040
	6	Mar-2	16	0.24	330,070	104,789	69.00	0.046	64,268	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	64,268	64,268	100.00	368,164	104,789	263,370
	7	Apr-1	15	0.63	820,082	104,789	69.00	0.040	51,218	3.155	5.020	2,375	100.00	100.00	51,218	51,218	100.00	871,278	104,789	766,490
	8	Apr-2	15	0.20	253,593	104,789	69.00	0.037	48,354	3.155	5.194	2,458	100.00	100.00	48,354	48,354	100.00	307,571	104,789	202,780
	9	Mei-1	15	0.13	169,907	104,789	69.00	0.035	45,554	3.155	4.271	2,021	100.00	100.00	45,554	45,554	100.00	227,121	104,789	122,330
	10	Mei-2	16	0.08	113,838	104,789	69.00	0.036	50,043	3.155	4.206	2,123	100.00	100.00	50,043	50,043	100.00	166,461	104,789	61,670
	11	Jun-1	15	0.06	76,271	104,789	69.00	0.038	48,950	3.155	3.868	1,830	100.00	100.00	48,950	48,950	100.00	130,280	104,789	25,490
	12	Jun-2	15	0.04	51,102	104,789	69.00	0.039	51,062	3.155	3.898	1,845	100.00	100.00	51,062	51,062	100.00	102,984	102,984	-
	13	Jul-1	15	0.03	34,238	102,984	68.68	0.040	52,294	3.119	3.828	1,791	98.28	93.56	48,928	48,928	93.56	86,503	86,503	-
	14	Jul-2	16	0.02	22,940	86,503	68.10	0.039	54,370	2.777	3.861	1,715	82.55	76.15	41,400	41,400	76.15	66,328	66,328	-
	15	Ags-1	15	0.01	15,370	66,328	67.26	0.037	47,732	2.346	4.236	1,491	63.30	50.27	23,997	23,997	50.27	56,210	56,210	-
	16	Ags-2	16	0.01	10,298	56,210	66.78	0.035	47,707	2.127	4.268	1,453	53.64	36.46	17,395	17,395	36.46	47,660	47,660	-
	17	Sep-1	15	0.01	6,899	47,660	66.32	0.035	45,269	1.950	4.435	1,297	45.48	28.74	13,012	13,012	28.74	40,251	40,251	-
	18	Sep-2	15	0.00	4,623	40,251	65.91	0.038	49,067	1.795	4.540	1,222	38.41	16.52	8,105	8,105	16.52	35,547	35,547	-
	19	Okt-1	15	0.00	3,097	35,547	65.59	0.043	55,132	1.698	6,011	1,531	33.92	13.29	7,329	7,329	13.29	29,784	29,784	-
	20	Okt-2	16	0.00	2,075	29,784	65.21	0.044	61,185	1.570	6,188	1,554	28.42	11.52	7,050	7,050	11.52	23,255	23,255	-
	21	Nov-1	15	0.00	1,390	23,255	64.71	0.042	54,886	1.424	6,253	1,336	22.19	10.33	5,669	5,669	10.33	17,641	17,641	-
	22	Nov-2	15	0.04	55,369	17,641	64.22	0.032	41,563	1.279	4,804	922	16.83	9.98	4,146	4,146	9.98	67,942	67,942	-
	23	Des-1	15	0.26	331,124	67,942	67.33	0.035	45,697	2.381	5,179	1,850	64.84	50.27	22,974	22,974	50.27	374,242	104,789	269,450
	24	Des-2	16	0.41	562,410	104,789	69.00	0.044	60,162	3.155	4,835	2,441	100.00	100.00	60,162	60,162	100.00	604,596	104,789	499,810

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung m³
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
10. Kebutuhan irigasi dan air baku m³
11. Data Teknis Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
14.  $100*[7]/\text{tampungan aktif}$
15. Dilihat dari aturan Lepasan
16.  $[10]*[15]/100$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka  $[17]$
18.  $[[17]/[10]*100$
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.48 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2008

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN AIR [m³/dt]	KEBUTUHAN AIR [m³]	EVAPORASI			Pet. Tamp.Aktif [%]	PCT Kebutuhan		OUTFLOW PASOKAN AIR		Tamp. Sementara [m³]	Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
										Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]		%	[m³]	Persen [%]	[m³]	Persen [%]		
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
2008	1	Jan-1	15	0.75	971,559	104,789	69.00	0.053	68,157	3.155	4.904	2,321	100.00	100.00	68,157	68,157	100.00	1,005,871	104,789	901,080
	2	Jan-2	16	1.07	1,484,452	104,789	69.00	0.050	68,456	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	68,456	68,456	100.00	1,518,357	104,789	1,413,570
	3	Feb-1	14	1.35	1,630,142	104,789	69.00	0.042	51,360	3.155	3.697	1,633	100.00	100.00	51,360	51,360	100.00	1,681,938	104,789	1,577,150
	4	Feb-2	14	1.56	1,882,960	104,789	69.00	0.045	54,444	3.155	4.583	2,024	100.00	100.00	54,444	54,444	100.00	1,931,281	104,789	1,826,490
	5	Mar-1	15	1.04	1,348,206	104,789	69.00	0.044	57,426	3.155	4.595	2,175	100.00	100.00	57,426	57,426	100.00	1,393,395	104,789	1,288,610
	6	Mar-2	16	0.47	650,688	104,789	69.00	0.046	64,268	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	64,268	64,268	100.00	688,782	104,789	583,990
	7	Apr-1	15	0.35	455,148	104,789	69.00	0.040	51,218	3.155	5.020	2,375	100.00	100.00	51,218	51,218	100.00	506,344	104,789	401,550
	8	Apr-2	15	0.23	296,979	104,789	69.00	0.037	48,354	3.155	5.194	2,458	100.00	100.00	48,354	48,354	100.00	350,957	104,789	246,170
	9	Mei-1	15	0.15	198,976	104,789	69.00	0.035	45,554	3.155	4.271	2,021	100.00	100.00	45,554	45,554	100.00	256,190	104,789	151,400
	10	Mei-2	16	0.10	133,314	104,789	69.00	0.036	50,043	3.155	4.206	2,123	100.00	100.00	50,043	50,043	100.00	185,937	104,789	81,150
	11	Jun-1	15	0.07	89,320	104,789	69.00	0.038	48,950	3.155	3.868	1,830	100.00	100.00	48,950	48,950	100.00	143,329	104,789	38,540
	12	Jun-2	15	0.05	59,845	104,789	69.00	0.039	51,062	3.155	3.898	1,845	100.00	100.00	51,062	51,062	100.00	111,727	104,789	6,940
	13	Jul-1	15	0.03	40,096	104,789	69.00	0.040	52,294	3.155	3.828	1,812	100.00	100.00	52,294	52,294	100.00	90,780	90,780	-
	14	Jul-2	16	0.02	26,864	90,780	68.25	0.039	54,370	2.867	3.861	1,771	86.63	83.57	45,438	45,438	83.57	70,435	70,435	-
	15	Ags-1	15	0.01	17,999	70,435	67.43	0.037	47,732	2.436	4.236	1,548	67.22	59.86	28,571	28,571	59.86	58,316	58,316	-
	16	Ags-2	16	0.01	12,059	58,316	66.89	0.035	47,707	2.172	4.268	1,483	55.65	41.04	19,580	19,580	41.04	49,312	49,312	-
	17	Sep-1	15	0.01	8,080	49,312	66.41	0.035	45,269	1.981	4.435	1,318	47.06	28.74	13,012	13,012	28.74	43,062	43,062	-
	18	Sep-2	15	0.00	5,413	43,062	66.07	0.038	49,067	1.853	4.540	1,262	41.09	21.38	10,488	10,488	21.38	36,726	36,726	-
	19	Okt-1	15	0.00	3,627	36,726	65.67	0.043	55,132	1.721	6.011	1,552	35.05	16.52	9,106	9,106	16.52	29,695	29,695	-
	20	Okt-2	16	0.00	2,430	29,695	65.20	0.044	61,185	1.566	6.188	1,551	28.34	11.52	7,050	7,050	11.52	23,524	23,524	-
	21	Nov-1	15	0.00	1,628	23,524	64.73	0.042	54,886	1.427	6.253	1,339	22.45	10.33	5,669	5,669	10.33	18,145	18,145	-
	22	Nov-2	15	0.05	63,624	18,145	64.26	0.032	41,563	1.294	4.804	933	17.32	9.98	4,146	4,146	9.98	76,690	76,690	-
	23	Des-1	15	0.19	243,158	76,690	67.71	0.035	45,697	2.566	5.179	1,994	73.18	65.83	30,082	30,082	65.83	287,772	104,789	182,980
	24	Des-2	16	0.26	358,121	104,789	69.00	0.044	60,162	3.155	4.835	2,441	100.00	100.00	60,162	60,162	100.00	400,308	104,789	295,520

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
- No
6. Inflow Embung  $m^3$
10. Kebutuhan irigasi dan air baku  $m^3$
14.  $100*([7]/[10])$
18.  $[[17]/[10]]*100$
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Data Teknis Embung
15. Dilihat dari aturan Lepasan
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
16.  $[10]*[15]/100$
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.49 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2009

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN AIR [m³/dt]	KEBUTUHAN AIR [m³]	EVAPORASI			Pet. Tamp.Aktif [%]	PCT Kebutuhan		OUTFLOW PASOKAN AIR			Tamp. Sementara [m³]	Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
										Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]		%	[m³]	Volume [m³]	Persen [%]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]		
2009	1	Jan-1	15	0.38	497,776	104,789	69.00	0.053	68,157	3.155	4.904	2,321	100.00	100.00	68,157	68,157	100.00	532,088	104,789	427,300		
	2	Jan-2	16	0.43	597,818	104,789	69.00	0.050	68,456	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	68,456	68,456	100.00	631,723	104,789	526,930		
	3	Feb-1	14	0.45	542,112	104,789	69.00	0.042	51,360	3.155	3.697	1,633	100.00	100.00	51,360	51,360	100.00	593,909	104,789	489,120		
	4	Feb-2	14	0.71	854,756	104,789	69.00	0.045	54,444	3.155	4.583	2,024	100.00	100.00	54,444	54,444	100.00	903,077	104,789	798,290		
	5	Mar-1	15	1.25	1,617,968	104,789	69.00	0.044	57,426	3.155	4.595	2,175	100.00	100.00	57,426	57,426	100.00	1,663,157	104,789	1,558,370		
	6	Mar-2	16	0.54	753,271	104,789	69.00	0.046	64,268	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	64,268	64,268	100.00	791,365	104,789	686,580		
	7	Apr-1	15	0.32	417,050	104,789	69.00	0.040	51,218	3.155	5.020	2,375	100.00	100.00	51,218	51,218	100.00	468,246	104,789	363,460		
	8	Apr-2	15	0.22	279,424	104,789	69.00	0.037	48,354	3.155	5.194	2,458	100.00	100.00	48,354	48,354	100.00	333,401	104,789	228,610		
	9	Mei-1	15	0.14	187,214	104,789	69.00	0.035	45,554	3.155	4.271	2,021	100.00	100.00	45,554	45,554	100.00	244,428	104,789	139,640		
	10	Mei-2	16	0.09	125,433	104,789	69.00	0.036	50,043	3.155	4.206	2,123	100.00	100.00	50,043	50,043	100.00	178,056	104,789	73,270		
	11	Jun-1	15	0.06	84,040	104,789	69.00	0.038	48,950	3.155	3.868	1,830	100.00	100.00	48,950	48,950	100.00	138,049	104,789	33,260		
	12	Jun-2	15	0.04	56,307	104,789	69.00	0.039	51,062	3.155	3.898	1,845	100.00	100.00	51,062	51,062	100.00	108,189	104,789	3,400		
	13	Jul-1	15	0.03	37,726	104,789	69.00	0.040	52,294	3.155	3.828	1,812	100.00	100.00	52,294	52,294	100.00	88,410	88,410	-		
	14	Jul-2	16	0.02	25,276	88,410	68.17	0.039	54,370	2.813	3.861	1,738	84.37	76.15	41,400	41,400	76.15	70,548	70,548	-		
	15	Ags-1	15	0.01	16,935	70,548	67.44	0.037	47,732	2.436	4.236	1,548	67.32	59.86	28,571	28,571	59.86	57,365	57,365	-		
	16	Ags-2	16	0.01	11,346	57,365	66.84	0.035	47,707	2.152	4.268	1,470	54.74	36.46	17,395	17,395	36.46	49,847	49,847	-		
	17	Sep-1	15	0.01	7,602	49,847	66.44	0.035	45,269	1.992	4.435	1,325	47.57	28.74	13,012	13,012	28.74	43,112	43,112	-		
	18	Sep-2	15	0.00	5,093	43,112	66.08	0.038	49,067	1.853	4.540	1,262	41.14	21.38	10,488	10,488	21.38	36,455	36,455	-		
	19	Okt-1	15	0.00	3,413	36,455	65.65	0.043	55,132	1.717	6.011	1,548	34.79	13.29	7,329	7,329	13.29	30,991	30,991	-		
	20	Okt-2	16	0.00	2,286	30,991	65.29	0.044	61,185	1.597	6.188	1,581	29.57	11.52	7,050	7,050	11.52	24,646	24,646	-		
	21	Nov-1	15	0.00	1,532	24,646	64.83	0.042	54,886	1.454	6.253	1,364	23.52	10.33	5,669	5,669	10.33	19,145	19,145	-		
	22	Nov-2	15	0.00	5,398	19,145	64.35	0.032	41,563	1.328	4.804	957	18.27	9.98	4,146	4,146	9.98	19,440	19,440	-		
	23	Des-1	15	0.03	39,753	19,440	64.38	0.035	45,697	1.336	5.179	1,038	18.55	9.98	4,559	4,559	9.98	53,597	53,597	-		
	24	Des-2	16	0.11	145,898	53,597	66.64	0.044	60,162	2.072	4.835	1,603	51.15	36.46	21,936	21,936	36.46	175,956	104,789	71,170		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
2. No
6. Inflow Embung  $m^3$
10. Kebutuhan irigasi dan air baku  $m^3$
14.  $100*(7)/\text{Tampungan aktif}$
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Data Teknis Embung
15. Dilihat dari aturan Lepasan
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
16.  $[10]*[15]/100$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
18.  $[[17]/[10]]*100$
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.50 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2010

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN AIR [m³/dt]	KEBUTUHAN AIR [m³]	EVAPORASI			Pet. Tamp.Aktif [%]	PCT Kebutuhan		OUTFLOW PASOKAN AIR		Tamp. Sementara [m³]	Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
										Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]		VOLUME [m³]	Persen [%]	VOLUME [m³]	Persen [%]			
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
2010	1	Jan-1	15	0.11	144,517	104,789	69.00	0.053	68,157	3.155	4.904	2,321	100.00	100.00	68,157	68,157	100.00	178,829	104,789	74,040
	2	Jan-2	16	0.21	292,648	104,789	69.00	0.050	68,456	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	68,456	68,456	100.00	326,553	104,789	221,760
	3	Feb-1	14	0.08	98,940	104,789	69.00	0.042	51,360	3.155	3.697	1,633	100.00	100.00	51,360	51,360	100.00	150,737	104,789	45,950
	4	Feb-2	14	0.33	401,295	104,789	69.00	0.045	54,444	3.155	4.583	2,024	100.00	100.00	54,444	54,444	100.00	449,616	104,789	344,830
	5	Mar-1	15	0.49	631,453	104,789	69.00	0.044	57,426	3.155	4.595	2,175	100.00	100.00	57,426	57,426	100.00	676,642	104,789	571,850
	6	Mar-2	16	0.72	1,000,745	104,789	69.00	0.046	64,268	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	64,268	64,268	100.00	1,038,839	104,789	934,050
	7	Apr-1	15	0.93	1,210,184	104,789	69.00	0.040	51,218	3.155	5.020	2,375	100.00	100.00	51,218	51,218	100.00	1,261,380	104,789	1,156,590
	8	Apr-2	15	0.35	450,952	104,789	69.00	0.037	48,354	3.155	5.194	2,458	100.00	100.00	48,354	48,354	100.00	504,930	104,789	400,140
	9	Mei-1	15	0.23	302,138	104,789	69.00	0.035	45,554	3.155	4.271	2,021	100.00	100.00	45,554	45,554	100.00	359,352	104,789	254,560
	10	Mei-2	16	0.15	202,432	104,789	69.00	0.036	50,043	3.155	4.206	2,123	100.00	100.00	50,043	50,043	100.00	255,056	104,789	150,270
	11	Jun-1	15	0.10	135,630	104,789	69.00	0.038	48,950	3.155	3.868	1,830	100.00	100.00	48,950	48,950	100.00	189,639	104,789	84,850
	12	Jun-2	15	0.07	90,872	104,789	69.00	0.039	51,062	3.155	3.898	1,845	100.00	100.00	51,062	51,062	100.00	142,754	104,789	37,960
	13	Jul-1	15	0.05	60,884	104,789	69.00	0.040	52,294	3.155	3.828	1,812	100.00	100.00	52,294	52,294	100.00	111,568	104,789	6,780
	14	Jul-2	16	0.03	40,792	104,789	69.00	0.039	54,370	3.155	3.861	1,949	100.00	100.00	54,370	54,370	100.00	89,263	89,263	-
	15	Ags-1	15	0.02	27,331	89,263	68.20	0.037	47,732	2,831	4.236	1,799	85.18	83.57	39,890	39,890	83.57	74,905	74,905	-
	16	Ags-2	16	0.01	18,312	74,905	67.63	0.035	47,707	2,530	4.268	1,728	71.48	65.83	31,405	31,405	65.83	60,084	60,084	-
	17	Sep-1	15	0.01	12,269	60,084	66.98	0.035	45,269	2,212	4.435	1,471	57.34	41.04	18,580	18,580	41.04	52,302	52,302	-
	18	Sep-2	15	0.01	8,220	52,302	66.57	0.038	49,067	2,043	4,540	1,391	49.91	28.74	14,103	14,103	28.74	45,027	45,027	-
	19	Okt-1	15	0.00	5,507	45,027	66.18	0.043	55,132	1,892	6,011	1,705	42.97	21.38	11,785	11,785	21.38	37,045	37,045	-
	20	Okt-2	16	0.00	3,690	37,045	65.69	0.044	61,185	1,729	6,188	1,712	35.35	16.52	10,106	10,106	16.52	28,917	28,917	-
	21	Nov-1	15	0.00	2,472	28,917	65.15	0.042	54,886	1,549	6,253	1,453	27.60	11.52	6,324	6,324	11.52	23,612	23,612	-
	22	Nov-2	15	0.02	23,934	23,612	64.74	0.032	41,563	1,431	4,804	1,031	22.53	10.33	4,293	4,293	10.33	42,222	42,222	-
	23	Des-1	15	0.02	23,269	42,222	66.03	0.035	45,697	1,833	5,179	1,424	40.29	21.38	9,768	9,768	21.38	54,300	54,300	-
	24	Des-2	16	0.05	72,400	54,300	66.68	0.044	60,162	2,087	4,835	1,615	51.82	36.46	21,936	21,936	36.46	103,149	103,149	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung m³
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
10. Kebutuhan irigasi dan air baku m³
11. Data Teknis Embung
12. Perhitungan Penaman Modifikasi
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
14.  $100*([7]/\text{Tampungan aktif})$
15. Dilihat dari aturan Lepasan
16.  $[10]*[15]/100$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
18.  $[[17]/[10]*100$
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.51 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2011

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN AIR [m³/dt]	KEBUTUHAN AIR [m³]	EVAPORASI			Pet. Tamp.Aktif [%]	PCT Kebutuhan		OUTFLOW PASOKAN AIR		Tamp. Sementara [m³]	Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
										Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]		%	[%]	[m³]	Volume [m³]	Persen [%]		
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
2011	1	Jan-1	15	0.30	389,159	103,149	68.69	0.053	68,157	3.125	4.904	2,299	98.43	93.56	63,770	63,770	93.56	426,239	104,789	321,450
	2	Jan-2	16	0.94	1,300,968	104,789	69.00	0.050	68,456	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	68,456	68,456	100.00	1,334,873	104,789	1,230,080
	3	Feb-1	14	0.71	863,245	104,789	69.00	0.042	51,360	3.155	3.697	1,633	100.00	100.00	51,360	51,360	100.00	915,042	104,789	810,250
	4	Feb-2	14	1.30	1,568,952	104,789	69.00	0.045	54,444	3.155	4.583	2,024	100.00	100.00	54,444	54,444	100.00	1,617,273	104,789	1,512,480
	5	Mar-1	15	0.69	896,056	104,789	69.00	0.044	57,426	3.155	4.595	2,175	100.00	100.00	57,426	57,426	100.00	941,245	104,789	836,460
	6	Mar-2	16	1.58	2,181,472	104,789	69.00	0.046	64,268	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	64,268	64,268	100.00	2,219,565	104,789	2,114,780
	7	Apr-1	15	0.58	746,029	104,789	69.00	0.040	51,218	3.155	5.020	2,375	100.00	100.00	51,218	51,218	100.00	797,225	104,789	692,440
	8	Apr-2	15	0.39	499,840	104,789	69.00	0.037	48,354	3.155	5.194	2,458	100.00	100.00	48,354	48,354	100.00	553,817	104,789	449,030
	9	Mei-1	15	0.43	553,210	104,789	69.00	0.035	45,554	3.155	4.271	2,021	100.00	100.00	45,554	45,554	100.00	610,424	104,789	505,630
	10	Mei-2	16	0.20	279,959	104,789	69.00	0.036	50,043	3.155	4.206	2,123	100.00	100.00	50,043	50,043	100.00	332,582	104,789	227,790
	11	Jun-1	15	0.14	187,573	104,789	69.00	0.038	48,950	3.155	3.868	1,830	100.00	100.00	48,950	48,950	100.00	241,582	104,789	136,790
	12	Jun-2	15	0.10	125,674	104,789	69.00	0.039	51,062	3.155	3.898	1,845	100.00	100.00	51,062	51,062	100.00	177,556	104,789	72,770
	13	Jul-1	15	0.06	84,201	104,789	69.00	0.040	52,294	3.155	3.828	1,812	100.00	100.00	52,294	52,294	100.00	134,885	104,789	30,100
	14	Jul-2	16	0.04	56,415	104,789	69.00	0.039	54,370	3.155	3.861	1,949	100.00	100.00	54,370	54,370	100.00	104,885	104,789	100
	15	Ags-1	15	0.03	37,798	104,789	69.00	0.037	47,732	3.155	4.236	2,005	100.00	100.00	47,732	47,732	100.00	92,851	92,851	-
	16	Ags-2	16	0.02	25,325	92,851	68.33	0.035	47,707	2,909	4.268	1,986	88.61	83.57	39,869	39,869	83.57	76,320	76,320	-
	17	Sep-1	15	0.01	16,968	76,320	67.69	0.035	45,269	2,560	4.435	1,703	72.83	65.83	29,800	29,800	65.83	61,784	61,784	-
	18	Sep-2	15	0.01	11,368	61,784	67.06	0.038	49,067	2,247	4.540	1,530	58.96	41.04	20,138	20,138	41.04	51,484	51,484	-
	19	Okt-1	15	0.01	7,617	51,484	66.52	0.043	55,132	2,027	6.011	1,828	49.13	28.74	15,847	15,847	28.74	41,426	41,426	-
	20	Okt-2	16	0.00	5,103	41,426	65.98	0.044	61,185	1,818	6.188	1,800	39.53	16.52	10,106	10,106	16.52	34,623	34,623	-
	21	Nov-1	15	0.00	3,419	34,623	65.53	0.042	54,886	1,678	6.253	1,574	33.04	13.29	7,297	7,297	13.29	29,172	29,172	-
	22	Nov-2	15	0.00	2,291	29,172	65.17	0.032	41,563	1,556	4.804	1,121	27.84	11.52	4,789	4,789	11.52	25,552	25,552	-
	23	Des-1	15	0.00	1,535	25,552	64.91	0.035	45,697	1,475	5.179	1,146	24.38	10.33	4,720	4,720	10.33	21,222	21,222	-
	24	Des-2	16	0.06	89,523	21,222	64.53	0.044	60,162	1,377	4.835	1,065	20.25	10.33	6,214	6,214	10.33	103,467	103,467	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
2. No
6. Inflow Embung  $m^3$
10. Kebutuhan irigasi dan air baku  $m^3$
14.  $100*([7]/\text{tampungan aktif})$
18.  $[[17]/[10]*100$
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Data Teknis Embung
15. Dilihat dari aturan Lepasan
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
16.  $[10]*[15]/100$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.52 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2012

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN AIR [m³/dt]	KEBUTUHAN AIR [m³]	EVAPORASI			Pet. Tamp.Aktif [%]	PCT Kebutuhan		OUTFLOW PASOKAN AIR		Tamp. Sementara [m³]	Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
										Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]		Volume [m³]	Persen [%]	Volume [m³]	Persen [%]			
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
2012	1	Jan-1	15	0.02	29,586	103,467	68.70	0.053	68,157	3.131	4.904	2,303	98.74	93.56	63,770	63,770	93.56	66,979	66,979	-
	2	Jan-2	16	0.01	17,177	66,979	67.28	0.050	68,456	2.361	4.810	1,817	63.92	50.27	34,416	34,416	50.27	47,923	47,923	-
	3	Feb-1	14	0.31	374,682	47,923	66.33	0.042	51,360	1.954	3.697	1,011	45.73	28.74	14,762	14,762	28.74	406,832	104,789	302,040
	4	Feb-2	14	0.15	180,920	104,789	69.00	0.045	54,444	3.155	4.583	2,024	100.00	100.00	54,444	54,444	100.00	229,241	104,789	124,450
	5	Mar-1	15	0.39	510,109	104,789	69.00	0.044	57,426	3.155	4.595	2,175	100.00	100.00	57,426	57,426	100.00	555,298	104,789	450,510
	6	Mar-2	16	0.43	587,814	104,789	69.00	0.046	64,268	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	64,268	64,268	100.00	625,908	104,789	521,120
	7	Apr-1	15	0.24	312,099	104,789	69.00	0.040	51,218	3.155	5.020	2,375	100.00	100.00	51,218	51,218	100.00	363,295	104,789	258,510
	8	Apr-2	15	0.13	170,319	104,789	69.00	0.037	48,354	3.155	5.194	2,458	100.00	100.00	48,354	48,354	100.00	224,297	104,789	119,510
	9	Mei-1	15	0.09	114,114	104,789	69.00	0.035	45,554	3.155	4.271	2,021	100.00	100.00	45,554	45,554	100.00	171,328	104,789	66,540
	10	Mei-2	16	0.06	76,456	104,789	69.00	0.036	50,043	3.155	4.206	2,123	100.00	100.00	50,043	50,043	100.00	129,079	104,789	24,290
	11	Jun-1	15	0.04	51,226	104,789	69.00	0.038	48,950	3.155	3.868	1,830	100.00	100.00	48,950	48,950	100.00	105,235	104,789	450
	12	Jun-2	15	0.03	34,321	104,789	69.00	0.039	51,062	3.155	3.898	1,845	100.00	100.00	51,062	51,062	100.00	86,203	86,203	-
	13	Jul-1	15	0.02	22,995	86,203	68.09	0.040	52,294	2.771	3.828	1,591	82.26	76.15	39,819	39,819	76.15	67,789	67,789	-
	14	Jul-2	16	0.01	15,407	67,789	67.32	0.039	54,370	2.376	3.861	1,468	64.69	50.27	27,334	27,334	50.27	54,393	54,393	-
	15	Ags-1	15	0.01	10,323	54,393	66.68	0.037	47,732	2.087	4.236	1,326	51.91	36.46	17,404	17,404	36.46	45,986	45,986	-
	16	Ags-2	16	0.01	6,916	45,986	66.23	0.035	47,707	1.915	4.268	1,308	43.88	21.38	10,198	10,198	21.38	41,397	41,397	-
	17	Sep-1	15	0.00	4,634	41,397	65.98	0.035	45,269	1.818	4.435	1,209	39.50	16.52	7,477	7,477	16.52	37,344	37,344	-
	18	Sep-2	15	0.00	3,105	37,344	65.71	0.038	49,067	1.733	4.540	1,180	35.64	16.52	8,105	8,105	16.52	31,164	31,164	-
	19	Okt-1	15	0.00	2,080	31,164	65.30	0.043	55,132	1.600	6.011	1,443	29.74	11.52	6,352	6,352	11.52	25,449	25,449	-
	20	Okt-2	16	0.00	1,394	25,449	64.90	0.044	61,185	1.471	6.188	1,457	24.29	10.33	6,319	6,319	10.33	19,067	19,067	-
	21	Nov-1	15	0.00	934	19,067	64.34	0.042	54,886	1.325	6.253	1,242	18.20	9.98	5,475	5,475	9.98	13,283	13,283	-
	22	Nov-2	15	0.00	626	13,283	63.77	0.032	41,563	1.135	4.804	818	12.68	9.62	4,000	4,000	9.62	9,090	9,090	-
	23	Des-1	15	0.03	41,505	9,090	63.23	0.035	45,697	0.995	5.179	773	8.67	9.19	4,199	4,199	9.19	45,623	45,623	-
	24	Des-2	16	0.08	105,124	45,623	66.21	0.044	60,162	1.907	4.835	1,475	43.54	21.38	12,860	12,860	21.38	136,412	104,789	31,620

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
2. No
6. Inflow Embung  $m^3$
10. Kebutuhan irigasi dan air baku  $m^3$
14.  $100*([7]/\text{tampungan aktif})$
18.  $[[17]/10]*100$
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Data Teknis Embung
15. Dilihat dari aturan Lepasan
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Perhitungan Penaman Modifikasi
16.  $[10]*[15]/100$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.53 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2013

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN AIR [m³/dt]	KEBUTUHAN AIR [m³]	EVAPORASI			Pet. Tamp.Aktif [%]	PCT Kebutuhan		OUTFLOW PASOKAN AIR			Tamp. Sementara [m³]	Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
										Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]		%	[%]	[m³]	Volume [m³]	Persen [%]			
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]	
2013	1	Jan-1	15	0.02	31,225	104,789	69.00	0.053	68,157	3.155	4.904	2,321	100.00	100.00	68,157	68,157	100.00	65,537	65,537	-	
	2	Jan-2	16	0.08	111,687	65,537	67.22	0.050	68,456	2.326	4.810	1,790	62.54	50.27	34,416	34,416	50.27	141,018	104,789	36,230	
	3	Feb-1	14	0.20	246,034	104,789	69.00	0.042	51,360	3.155	3.697	1,633	100.00	100.00	51,360	51,360	100.00	297,831	104,789	193,040	
	4	Feb-2	14	0.13	153,762	104,789	69.00	0.045	54,444	3.155	4.583	2,024	100.00	100.00	54,444	54,444	100.00	202,083	104,789	97,290	
	5	Mar-1	15	0.18	227,266	104,789	69.00	0.044	57,426	3.155	4.595	2,175	100.00	100.00	57,426	57,426	100.00	272,455	104,789	167,670	
	6	Mar-2	16	0.43	591,320	104,789	69.00	0.046	64,268	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	64,268	64,268	100.00	629,414	104,789	524,620	
	7	Apr-1	15	0.28	357,301	104,789	69.00	0.040	51,218	3.155	5.020	2,375	100.00	100.00	51,218	51,218	100.00	408,497	104,789	303,710	
	8	Apr-2	15	0.13	168,617	104,789	69.00	0.037	48,354	3.155	5.194	2,458	100.00	100.00	48,354	48,354	100.00	222,595	104,789	117,810	
	9	Mei-1	15	0.09	112,974	104,789	69.00	0.035	45,554	3.155	4.271	2,021	100.00	100.00	45,554	45,554	100.00	170,187	104,789	65,400	
	10	Mei-2	16	0.05	75,692	104,789	69.00	0.036	50,043	3.155	4.206	2,123	100.00	100.00	50,043	50,043	100.00	128,316	104,789	23,530	
	11	Jun-1	15	0.04	50,714	104,789	69.00	0.038	48,950	3.155	3.868	1,830	100.00	100.00	48,950	48,950	100.00	104,723	104,723	-	
	12	Jun-2	15	0.03	33,978	104,723	68.74	0.039	51,062	3.155	3.898	1,845	99.94	93.56	47,776	47,776	93.56	89,081	89,081	-	
	13	Jul-1	15	0.02	22,765	89,081	68.19	0.040	52,294	2.831	3.828	1,625	85.01	83.57	43,703	43,703	83.57	66,518	66,518	-	
	14	Jul-2	16	0.01	15,253	66,518	67.26	0.039	54,370	2.351	3.861	1,453	63.48	50.27	27,334	27,334	50.27	52,984	52,984	-	
	15	Ags-1	15	0.01	10,219	52,984	66.60	0.037	47,732	2.058	4.236	1,308	50.56	36.46	17,404	17,404	36.46	44,492	44,492	-	
	16	Ags-2	16	0.00	6,847	44,492	66.15	0.035	47,707	1.884	4.268	1,287	42.46	21.38	10,198	10,198	21.38	39,855	39,855	-	
	17	Sep-1	15	0.00	4,587	39,855	65.88	0.035	45,269	1.787	4.435	1,189	38.03	16.52	7,477	7,477	16.52	35,776	35,776	-	
	18	Sep-2	15	0.00	3,074	35,776	65.61	0.038	49,067	1.702	4.540	1,159	34.14	13.29	6,523	6,523	13.29	31,168	31,168	-	
	19	Okt-1	15	0.00	2,059	31,168	65.30	0.043	55,132	1.600	6,011	1,443	29.74	11.52	6,352	6,352	11.52	25,433	25,433	-	
	20	Okt-2	16	0.00	1,380	25,433	64.90	0.044	61,185	1.471	6,188	1,457	24.27	10.33	6,319	6,319	10.33	19,036	19,036	-	
	21	Nov-1	15	0.00	5,652	19,036	64.34	0.042	54,886	1.325	6,253	1,242	18.17	9.98	5,475	5,475	9.98	17,971	17,971	-	
	22	Nov-2	15	0.06	79,258	17,971	64.25	0.032	41,563	1.290	4,804	930	17.15	9.98	4,146	4,146	9.98	92,152	92,152	-	
	23	Des-1	15	0.25	328,069	92,152	68.30	0.035	45,697	2,891	5,179	2,245	87.94	83.57	38,190	38,190	83.57	379,786	104,789	275,000	
	24	Des-2	16	0.44	613,605	104,789	69.00	0.044	60,162	3.155	4,835	2,441	100.00	100.00	60,162	60,162	100.00	655,792	104,789	551,000	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka  $[17]$
2. No
6. Inflow Embung  $m^3$
10. Kebutuhan irigasi dan air baku  $m^3$
14.  $100*([7]/[10])^{100}$
18.  $[[17]/[10]]^{100}$
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Data Teknis Embung
15. Dilihat dari aturan Lepasan
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
16.  $[10]*[15]/100$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

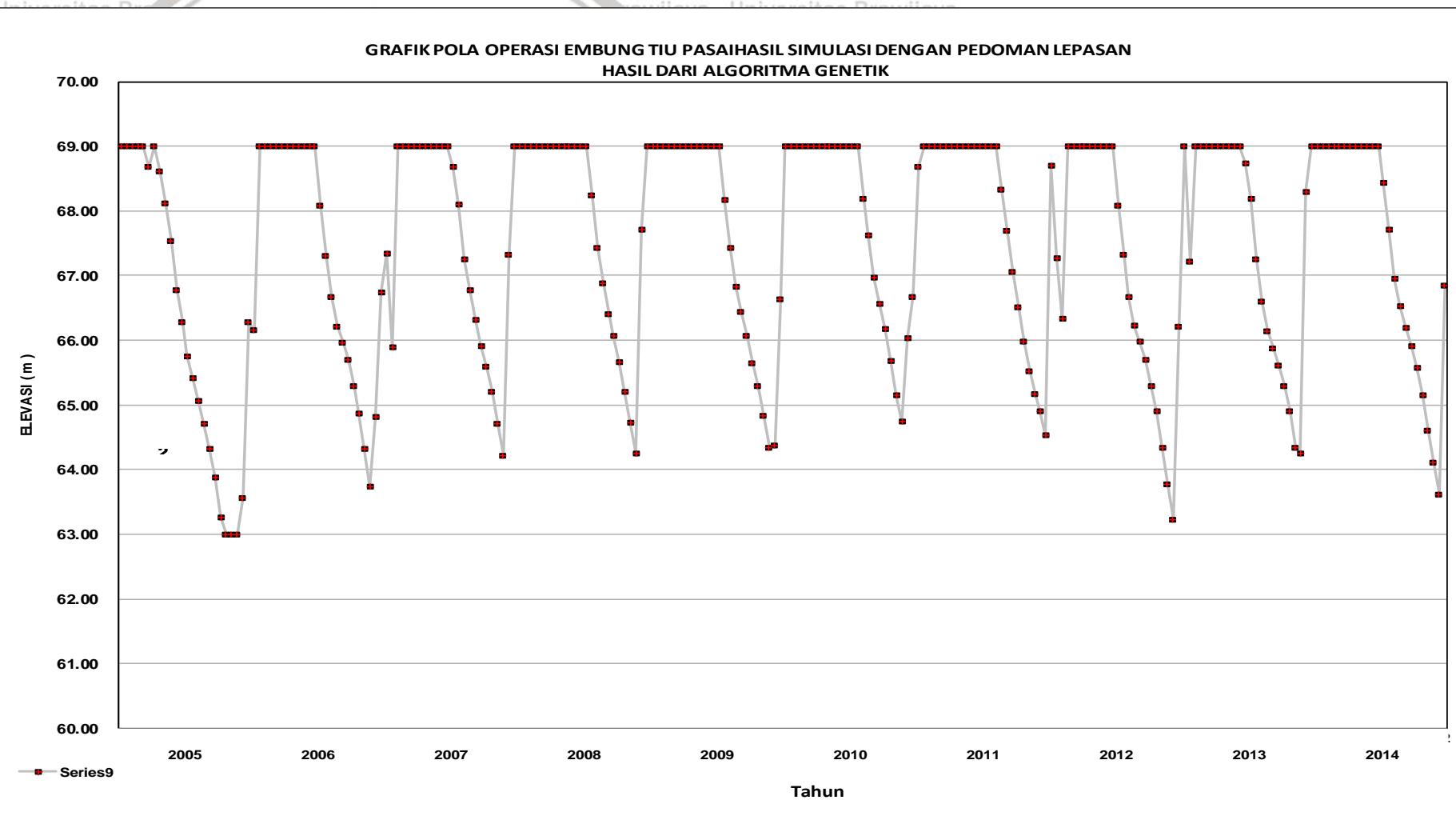
Tabel 4.54 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2014

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN AIR [m³/dt]	KEBUTUHAN AIR [m³]	EVAPORASI			Pet. Tamp.Aktif [%]	PCT Kebutuhan		OUTFLOW PASOKAN AIR		Tamp. Sementara [m³]	Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]
										Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]		[%]	[m³]	Persen [%]				
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
2014	1	Jan-1	15	0.49	635,098	104,789	69.00	0.053	68,157	3.155	4.904	2,321	100.00	100.00	68,157	68,157	100.00	669,409	104,789	564,620
	2	Jan-2	16	0.20	283,344	104,789	69.00	0.050	68,456	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	68,456	68,456	100.00	317,249	104,789	212,460
	3	Feb-1	14	1.54	1,868,695	104,789	69.00	0.042	51,360	3.155	3.697	1,633	100.00	100.00	51,360	51,360	100.00	1,920,492	104,789	1,815,700
	4	Feb-2	14	1.42	1,719,563	104,789	69.00	0.045	54,444	3.155	4.583	2,024	100.00	100.00	54,444	54,444	100.00	1,767,884	104,789	1,663,090
	5	Mar-1	15	0.56	724,508	104,789	69.00	0.044	57,426	3.155	4.595	2,175	100.00	100.00	57,426	57,426	100.00	769,697	104,789	664,910
	6	Mar-2	16	0.38	532,221	104,789	69.00	0.046	64,268	3.155	4.810	2,428	100.00	100.00	64,268	64,268	100.00	570,315	104,789	465,530
	7	Apr-1	15	0.25	326,919	104,789	69.00	0.040	51,218	3.155	5.020	2,375	100.00	100.00	51,218	51,218	100.00	378,115	104,789	273,330
	8	Apr-2	15	0.17	219,036	104,789	69.00	0.037	48,354	3.155	5.194	2,458	100.00	100.00	48,354	48,354	100.00	273,014	104,789	168,220
	9	Mei-1	15	0.11	146,754	104,789	69.00	0.035	45,554	3.155	4.271	2,021	100.00	100.00	45,554	45,554	100.00	203,968	104,789	99,180
	10	Mei-2	16	0.07	98,325	104,789	69.00	0.036	50,043	3.155	4.206	2,123	100.00	100.00	50,043	50,043	100.00	150,948	104,789	46,160
	11	Jun-1	15	0.05	65,878	104,789	69.00	0.038	48,950	3.155	3.868	1,830	100.00	100.00	48,950	48,950	100.00	119,887	104,789	15,100
	12	Jun-2	15	0.03	44,138	104,789	69.00	0.039	51,062	3.155	3.898	1,845	100.00	100.00	51,062	51,062	100.00	96,020	96,020	-
	13	Jul-1	15	0.02	29,573	96,020	68.44	0.040	52,294	2,975	3.828	1,708	91.63	89.78	46,949	46,949	89.78	76,935	76,935	-
	14	Jul-2	16	0.01	19,814	76,935	67.72	0.039	54,370	2,572	3.861	1,589	73.42	65.83	35,791	35,791	65.83	59,369	59,369	-
	15	Ags-1	15	0.01	13,275	59,369	66.95	0.037	47,732	2,197	4.236	1,396	56.66	41.04	19,590	19,590	41.04	51,658	51,658	-
	16	Ags-2	16	0.01	8,894	51,658	66.53	0.035	47,707	2,031	4.268	1,387	49.30	28.74	13,712	13,712	28.74	45,452	45,452	-
	17	Sep-1	15	0.00	5,959	45,452	66.20	0.035	45,269	1,903	4.435	1,266	43.38	21.38	9,677	9,677	21.38	40,469	40,469	-
	18	Sep-2	15	0.00	3,993	40,469	65.92	0.038	49,067	1,799	4.540	1,225	38.62	16.52	8,105	8,105	16.52	35,132	35,132	-
	19	Okt-1	15	0.00	2,675	35,132	65.57	0.043	55,132	1,686	6,011	1,520	33.53	13.29	7,329	7,329	13.29	28,958	28,958	-
	20	Okt-2	16	0.00	1,792	28,958	65.16	0.044	61,185	1,549	6,188	1,534	27.63	11.52	7,050	7,050	11.52	22,166	22,166	-
	21	Nov-1	15	0.00	1,201	22,166	64.61	0.042	54,886	1,397	6,253	1,310	21.15	10.33	5,669	5,669	10.33	16,388	16,388	-
	22	Nov-2	15	0.00	805	16,388	64.11	0.032	41,563	1,238	4,804	892	15.64	9.98	4,146	4,146	9.98	12,155	12,155	-
	23	Des-1	15	0.04	50,679	12,155	63.62	0.035	45,697	1,097	5,179	853	11.60	9.62	4,398	4,398	9.62	57,584	57,584	-
	24	Des-2	16	0.03	41,263	57,584	66.85	0.044	60,162	2,157	4,835	1,669	54.95	36.46	21,936	21,936	36.46	75,242	75,242	-

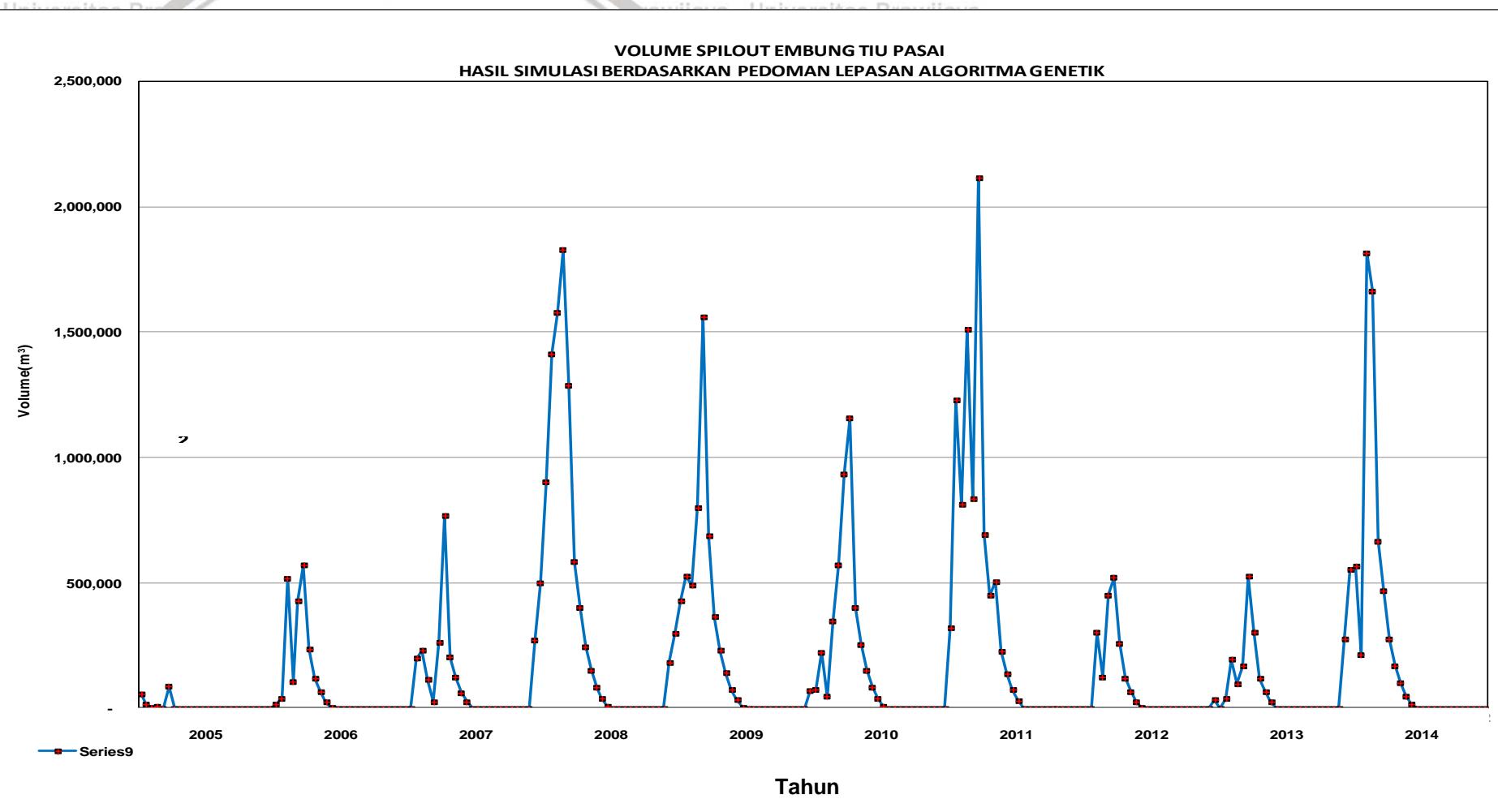
Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
13.  $[6]*[11]*[12]/1000$
2. No
6. Inflow Embung  $m^3$
10. Kebutuhan irigasi dan air baku  $m^3$
14.  $100*([7]/\text{tampungan aktif})$
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Data Teknis Embung
15. Dilihat dari aturan Lepasan
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
16.  $[10]*[15]/100$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
18.  $[[17]/[10]]*100$
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$



Gambar 4.7 Grafik Elevasi Muka Air Embung Tiu Pasai Hasil Dari Simulasi Algoritma Genetik 2005-2014



Gambar 4.8 Grafik Volume *Spilout* Embung Tiu Pasai Hasil Dari Simulasi Algoritma Genetik 2005-2014

- Dari simulasi Operasi Embung pada tabel 4.43 sampai dengan tabel 4.52 dan pada grafik 4.7 dan 4.8 sebelumnya dapat diukurkan hal-hal sebagai berikut:
1. Selama 10 tahun operasi *time series*, maka total volume *inflow*  $51,676,146\text{m}^3$  setiap tahunnya sementara total volume kebutuhan  $8,358,194 \text{ m}^3$ , akan tetapi volume total limpahannya  $42,930,250 \text{ m}^3$ . Jadi tidak bisa diharapkan bahwa kebutuhan selalu dipenuhi dengan 100%.
  2. Berdasarkan hasil simulasi *time series* selama 10 tahun operasi, terjadi limpahan (*spillout*) dengan total volume  $42,930,250 \text{ m}^3$ , terjadi reduksi volume limpahan sebelum menggunakan pedoman lepasan hasil algoritma genetik dengan total volume limpahan (*spillout*) sebelumnya  $44,537,417 \text{ m}^3$ .
  3. Dari kapasitas tampungan aktif sebesar  $104,789 \text{ m}^3$ , maka tampungan embung pada awal bulan ke-1 di tahun pertama disimulasikan pada kondisi penuh dan pada akhir bulan ke-12 berada pada  $57,584 \text{ m}^3$  yang selanjutnya menjadi tampungan awal di bulan ke-1 pada tahun ke-2, dan embung kembali pada kondisi penuh di bulan ke-2 tahun ke-2. Kemudian pada akhir bulan ke-12 di tahun ke-5 volume tampungan berada pada  $53,597 \text{ m}^3$ , dan pada akhir bulan ke-12 di tahun ke-10 berada pada  $57,584 \text{ m}^3$ . Kondisi embung hanya berada pada kondisi kosong di tahun ke-1 pada bulan ke-10. Hal ini berarti bahwa kondisi embung masih dapat memelihara siklus tahunannya.
  4. Secara keseluruhan maka aturan lepasan berdasarkan tampungan dengan pedoman lepasan hasil dari algoritma genetik cukup baik.

#### **4.10 Pedoman Lepasan Dan Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Tampungan Hasil Dari Algoritma Genetik dengan debit sintetis tahun 2019-2028**

Berdasarkan hasil fungsi tujuan dan alternatif aturan lepasan yang sudah homogen (seragam) maka ditetapkan aturan lepasan pada Embung Tiu Pasai berdasarkan Tampungan dengan debit sintetis tahun 2019-2028 dan luas areal iriasi 20 ha yang dianggap paling optimal dengan menggunakan metode Algoritma Genetik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.55 Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Metode Algoritma Genetik

Batas Minimum Tampungan Embung [%]	Lepasan [%]
0.00	0.43
5.00	0.85
10.00	3.52
15.00	12.23
20.00	17.32

Batas Minimum Tampungan Embung [%]	Lepasan [%]
25.00	21.34
30.00	27.49
35.00	33.12
40.00	39.65
45.00	46.58
50.00	51.09
55.00	57.10
60.00	65.13
65.00	71.46
70.00	73.85
75.00	77.96
80.00	81.49
85.00	87.29
90.00	90.41
95.00	95.40
100.00	100.00

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017



Gambar 4.9 Grafik Hasil Simulasi Aturan Lepasan Berdasarkan Tampungan Embung

Berdasarkan Tabel 4.55 atau Gambar 4.9, maka apabila tampungan Embung >95% dari kapasitas tampungan aktif berarti lepasan sebesar 95.40% dari kebutuhan. Selanjutnya apabila tampungan Embung >90% dari kapasitas tampungan aktif berarti lepasan sebesar 90.41%, 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 0.43%).

Berikut adalah simulasi Embung Tiu Pasai dengan aturan lepasan berdasarkan tampungan hasil dari Algoritma Genetik tahun 2005-2014:

Tabel 4.56 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2019

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irigasi [m³/dt]	KEBUTUHAN Air Baku [m³]	EVAPORASI		Tamp. Sementara	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]			
										Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporsasi [mm/hari]			[m³]	[m³]	[%]				
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
2019	1	Jan	15	0.099	128,007	104,789	69.00	0.027	35,460	20.00	25,920	3.155	4.904	2,321	230,475	61,380	61,380	100.00	104,789	64,306
	2	Jan	16	0.062	85,765	104,789	69.00	0.023	32,157	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428	188,126	59,805	59,805	100.00	104,789	23,532
	3	Feb	15	0.048	61,567	104,789	69.00	0.014	17,955	20.00	25,920	3.155	3.697	1,750	164,607	43,875	43,875	100.00	104,789	15,943
	4	Feb	14	0.053	64,389	104,789	69.00	0.017	20,869	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024	167,154	45,061	45,061	100.00	104,789	17,304
	5	Mar	15	0.045	57,744	104,789	69.00	0.016	21,151	20.00	25,920	3.155	4.595	2,175	160,358	47,071	47,071	100.00	104,789	8,498
	6	Mar	16	0.109	150,051	104,789	69.00	0.019	26,571	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428	252,412	54,219	54,219	100.00	104,789	93,404
	7	Apr	15	0.039	49,897	104,789	69.00	0.010	12,869	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375	152,311	38,789	38,789	100.00	104,789	8,732
	8	Apr	15	0.026	33,431	104,789	69.00	0.007	9,058	20.00	25,920	3.155	5.194	2,458	135,762	34,978	34,978	100.00	100,784	-
	9	Mei	15	0.017	22,399	100,784	68.60	0.004	5,318	20.00	25,920	3.071	4.271	1,967	121,216	31,238	31,238	100.00	89,977	-
	10	Mei	16	0.011	15,007	89,977	68.23	0.006	7,617	20.00	27,648	2.849	4.206	1,917	103,067	35,265	35,265	100.00	67,803	-
	11	Jun	15	0.008	10,055	67,803	67.32	0.008	9,849	20.00	25,920	2.376	3.868	1,379	76,479	35,769	35,769	100.00	40,711	-
	12	Jun	15	0.005	6,737	40,711	65.94	0.010	12,660	20.00	25,920	1.802	3.898	1,054	46,393	38,580	38,580	100.00	7,813	-
	13	Jul	15	0.003	4,514	7,813	63.07	0.011	14,314	20.00	25,920	0.954	3.828	548	11,779	11,779	11,779	29.28	-	-
	14	Jul	16	0.002	3,024	-	63.00	0.010	13,376	20.00	27,648	0.616	3.861	381	2,643	2,643	2,643	6.44	-	-
	15	Agu	15	0.002	2,026	-	63.00	0.006	8,231	20.00	25,920	0.616	4.236	392	1,635	1,635	1,635	4.79	-	-
	16	Agu	16	0.001	1,358	-	63.00	0.003	4,503	20.00	27,648	0.616	4.268	421	937	937	937	2.91	-	-
	17	Sep	15	0.001	910	-	63.00	0.004	4,946	20.00	25,920	0.616	4.435	410	500	500	500	1.62	-	-
	18	Sep	15	0.000	609	-	63.00	0.008	10,000	20.00	25,920	0.616	4.540	420	190	190	190	0.53	-	-
	19	Okt	15	0.000	408	-	63.00	0.014	18,093	20.00	25,920	0.616	6.011	556	-	-	-	-	-	-
	20	Okt	16	0.000	274	-	63.00	0.016	22,461	20.00	27,648	0.616	6.188	610	-	-	-	-	-	-
	21	Nov	15	0.005	6,446	-	63.00	0.014	17,765	20.00	25,920	0.616	6.253	578	5,868	5,868	5,868	13.43	-	-
	22	Nov	15	0.012	14,917	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444	14,473	14,473	14,473	55.84	-	-
	23	Des	15	0.031	40,349	-	63.00	0.004	5,518	20.00	25,920	0.616	5.179	479	39,870	31,438	31,438	100.00	8,432	-
	24	Des	16	0.009	12,146	8,432	63.15	0.015	21,103	20.00	27,648	0.973	4.835	752	19,825	19,825	19,825	40.67	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
2. No
6. Inflow Embung m³
10. Kebutuhan irigasi dan air baku m³
14.  $100*([7]/\text{tampungan aktif})$
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Data Teknis Embung
15. Dilihat dari aturan Lepasan
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
16.  $[10]*[15]/100$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
18.  $[[17]/[10]]*100$
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.57 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2020

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI		Tamp. Sementara	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
								[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]		
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]													
2020	1	Jan	15	0.072	92,924	-	63.00	0.027	35,460	20.00	25,920	0.616	4,904	453.35	92,471	61,380	61,380	100.00	31,091	-
	2	Jan	16	0.080	111,072	31,091	65.30	0.023	32,157	20.00	27,648	1.600	4,810	1,231.34	140,932	59,805	59,805	100.00	81,128	-
	3	Feb	15	0.472	611,956	81,128	67.90	0.014	17,955	20.00	25,920	2.662	3,697	1,476.46	691,607	43,875	43,875	100.00	104,789	542,943
	4	Feb	14	0.134	161,823	104,789	69.00	0.017	20,869	20.00	24,192	3.155	4,583	2,024.28	264,588	45,061	45,061	100.00	104,789	114,738
	5	Mar	15	0.375	486,451	104,789	69.00	0.016	21,151	20.00	25,920	3.155	4,595	2,174.62	589,065	47,071	47,071	100.00	104,789	437,205
	6	Mar	16	0.460	635,318	104,789	69.00	0.019	26,571	20.00	27,648	3.155	4,810	2,427.81	737,679	54,219	54,219	100.00	104,789	578,670
	7	Apr	15	0.223	288,849	104,789	69.00	0.010	12,869	20.00	25,920	3.155	5,020	2,375.44	391,263	38,789	38,789	100.00	104,789	247,684
	8	Apr	15	0.131	169,872	104,789	69.00	0.007	9,058	20.00	25,920	3.155	5,194	2,457.76	272,203	34,978	34,978	100.00	104,789	132,436
	9	Mei	15	0.088	113,814	104,789	69.00	0.004	5,318	20.00	25,920	3.155	4,271	2,021.23	216,582	31,238	31,238	100.00	104,789	80,555
	10	Mei	16	0.055	76,255	104,789	69.00	0.006	7,617	20.00	27,648	3.155	4,206	2,123.32	178,922	35,265	35,265	100.00	104,789	38,868
	11	Jun	15	0.039	51,091	104,789	69.00	0.008	9,849	20.00	25,920	3.155	3,868	1,830.35	154,050	35,769	35,769	100.00	104,789	13,492
	12	Jun	15	0.026	34,231	104,789	69.00	0.010	12,660	20.00	25,920	3.155	3,898	1,844.74	137,176	38,580	38,580	100.00	98,595	-
	13	Jul	15	0.018	22,935	98,595	68.53	0.011	14,314	20.00	25,920	3.029	3,828	1,739.30	119,791	40,234	40,234	100.00	79,557	-
	14	Jul	16	0.011	15,366	79,557	67.83	0.010	13,376	20.00	27,648	2.626	3,861	1,622.57	93,301	41,024	41,024	100.00	52,277	-
	15	Agu	15	0.008	10,295	52,277	66.57	0.006	8,231	20.00	25,920	2.043	4,236	1,298.08	61,274	34,151	34,151	100.00	27,123	-
	16	Agu	16	0.005	6,898	27,123	65.03	0.003	4,503	20.00	27,648	1.509	4,268	1,030.22	32,991	32,151	32,151	100.00	840	-
	17	Sep	15	0.004	4,622	840	63.00	0.004	4,946	20.00	25,920	0.650	4,435	432.64	5,029	5,029	5,029	16.29	-	-
	18	Sep	15	0.002	3,096	-	63.00	0.008	10,000	20.00	25,920	0.616	4,540	419.68	2,677	2,677	2,677	7.45	-	-
	19	Okt	15	0.002	2,075	-	63.00	0.014	18,093	20.00	25,920	0.616	6,011	555.61	1,519	1,519	1,519	3.45	-	-
	20	Okt	16	0.001	1,390	-	63.00	0.016	22,461	20.00	27,648	0.616	6,188	610.19	780	780	780	1.56	-	-
	21	Nov	15	0.001	931	-	63.00	0.014	17,765	20.00	25,920	0.616	6,253	578.01	353	353	353	0.81	-	-
	22	Nov	15	0.012	16,156	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4,804	444.06	15,712	15,712	15,712	60.62	-	-
	23	Des	15	0.029	36,936	-	63.00	0.004	5,518	20.00	25,920	0.616	5,179	478.71	36,457	31,438	31,438	100.00	5,019	-
	24	Des	16	0.027	36,685	5,019	63.00	0.015	21,103	20.00	27,648	0.831	4,835	643.05	41,060	41,060	41,060	84.22	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung m³
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
10. Kebutuhan irigasi dan air baku m³
11. Data Teknis Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
13. [4]\*[11]\*[12]/1000
14. 100\*[7]/tampungan aktif
15. Dilihat dari aturan Lepasan
16. [10]\*[15]/100
17. Jika [6]+[7]-[13]>0; maka [17] = [[17]/[10]]\*100
18. [19]>104,789
19. [6]+[7]-[13]-[17]
20. [19] > 104,789
21. Jika [20] > 104,789

Tabel 4.58 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2021

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI		Tamp. Semantara	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]												
								[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]			
2021	1	Jan	15	0.011	14,000	-	63.00	0.027	35,460	20.00	25,920	0.616	4.904	453.35	13,547	13,547	13,547	22.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	2	Jan	16	0.200	276,279	-	63.00	0.023	32,157	20.00	27,648	0.616	4.810	474.27	275,804	59,805	59,805	100.00	104,789	111,210											
	3	Feb	15	0.233	302,382	104,789	69.00	0.014	17,955	20.00	25,920	3.155	3.697	1,749.53	405,422	43,875	43,875	100.00	104,789	256,758											
	4	Feb	14	0.140	168,833	104,789	69.00	0.017	20,869	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	271,598	45,061	45,061	100.00	104,789	121,748											
	5	Mar	15	0.066	85,641	104,789	69.00	0.016	21,151	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	188,256	47,071	47,071	100.00	104,789	36,395											
	6	Mar	16	0.239	330,070	104,789	69.00	0.019	26,571	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	432,431	54,219	54,219	100.00	104,789	273,423											
	7	Apr	15	0.633	820,082	104,789	69.00	0.010	12,869	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	922,496	38,789	38,789	100.00	104,789	778,917											
	8	Apr	15	0.196	253,593	104,789	69.00	0.007	9,058	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	355,924	34,978	34,978	100.00	104,789	216,157											
	9	Mei	15	0.131	169,907	104,789	69.00	0.004	5,318	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	272,675	31,238	31,238	100.00	104,789	136,648											
	10	Mei	16	0.082	113,838	104,789	69.00	0.006	7,617	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	216,504	35,265	35,265	100.00	104,789	76,450											
	11	Jun	15	0.059	76,271	104,789	69.00	0.008	9,849	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	179,230	35,769	35,769	100.00	104,789	38,672											
	12	Jun	15	0.039	51,102	104,789	69.00	0.010	12,660	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	154,046	38,580	38,580	100.00	104,789	10,677											
	13	Jul	15	0.026	34,238	104,789	69.00	0.011	14,314	20.00	25,920	3.155	3.828	1,811.72	137,216	40,234	40,234	100.00	96,982	-											
	14	Jul	16	0.017	22,940	96,982	68.47	0.010	13,376	20.00	27,648	2.993	3.861	1,848.88	118,073	41,024	41,024	100.00	77,049	-											
	15	Agu	15	0.012	15,370	77,049	67.72	0.006	8,231	20.00	25,920	2.578	4.236	1,638.38	90,780	34,151	34,151	100.00	56,629	-											
	16	Agu	16	0.007	10,298	56,629	66.80	0.003	4,503	20.00	27,648	2.137	4.268	1,459.35	65,467	32,151	32,151	100.00	33,316	-											
	17	Sep	15	0.005	6,899	33,316	65.45	0.004	4,946	20.00	25,920	1.647	4.435	1,095.86	39,120	30,866	30,866	100.00	8,253	-											
	18	Sep	15	0.004	4,623	8,253	63.13	0.008	10,000	20.00	25,920	0.969	4.540	659.75	12,216	12,216	12,216	12,216	34.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	19	Okt	15	0.002	3,097	-	63.00	0.014	18,093	20.00	25,920	0.616	6.011	555.61	2,542	2,542	2,542	5.77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	20	Okt	16	0.002	2,075	-	63.00	0.016	22,461	20.00	27,648	0.616	6.188	610.19	1,465	1,465	1,465	2.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	21	Nov	15	0.001	1,390	-	63.00	0.014	17,765	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	812	812	812	1.86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	22	Nov	15	0.043	55,369	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	54,925	25,920	25,920	100.00	29,005	-											
	23	Des	15	0.255	331,124	29,005	65.16	0.004	5,518	20.00	25,920	1.553	5.179	1,206.06	358,923	31,438	31,438	100.00	104,789	222,695											
	24	Des	16	0.407	562,410	104,789	69.00	0.015	21,103	20.00	27,648	3.155	4.835	2,440.74	664,758	48,751	48,751	100.00	104,789	511,218											

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
2. No
6. Inflow Embung  $m^3$
10. Kebutuhan irigasi dan air baku  $m^3$
14.  $100*([7]/\text{tampungan aktif})$
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Data Teknis Embung
15. Dilihat dari aturan Lepasan
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
16.  $[10]*[15]/100$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
18.  $[[17]/[10]]*100$
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.59 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2022

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI		Tamp. Semantara	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
								[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
2022	1	Jan	15	0.750	971,559	104,789	69.00	0.027	35,460	20.00	25,920	3.155	4.904	2,320.92	1,074,028	61,380	61,380	100.00	104,789	907,859
	2	Jan	16	1.074	1,484,452	104,789	69.00	0.023	32,157	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428.00	1,586,813	59,805	59,805	100.00	104,789	1,422,219
	3	Feb	15	1.348	1,746,580	104,789	69.00	0.014	17,955	20.00	25,920	3.155	3.697	1,749.53	1,849,620	43,875	43,875	100.00	104,789	1,700,956
	4	Feb	14	1.557	1,882,960	104,789	69.00	0.017	20,869	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	1,985,725	45,061	45,061	100.00	104,789	1,835,875
	5	Mar	15	1.040	1,348,206	104,789	69.00	0.016	21,151	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	1,450,821	47,071	47,071	100.00	104,789	1,298,961
	6	Mar	16	0.471	650,688	104,789	69.00	0.019	26,571	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	753,050	54,219	54,219	100.00	104,789	594,041
	7	Apr	15	0.351	455,148	104,789	69.00	0.010	12,869	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	557,562	38,789	38,789	100.00	104,789	413,983
	8	Apr	15	0.229	296,979	104,789	69.00	0.007	9,058	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	399,310	34,978	34,978	100.00	104,789	259,543
	9	Mei	15	0.154	198,976	104,789	69.00	0.004	5,318	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	301,744	31,238	31,238	100.00	104,789	165,716
	10	Mei	16	0.096	133,314	104,789	69.00	0.006	7,617	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	235,980	35,265	35,265	100.00	104,789	95,926
	11	Jun	15	0.069	89,320	104,789	69.00	0.008	9,849	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	192,279	35,769	35,769	100.00	104,789	51,721
	12	Jun	15	0.046	59,845	104,789	69.00	0.010	12,660	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	162,789	38,580	38,580	100.00	104,789	19,419
	13	Jul	15	0.031	40,096	104,789	69.00	0.011	14,314	20.00	25,920	3.155	3.828	1,811.72	143,074	40,234	40,234	100.00	102,840	-
	14	Jul	16	0.019	26,864	102,840	68.67	0.010	13,376	20.00	27,648	3.119	3.861	1,926.79	127,777	41,024	41,024	100.00	86,753	-
	15	Agu	15	0.014	17,999	86,753	68.11	0.006	8,231	20.00	25,920	2.777	4.236	1,764.31	102,988	34,151	34,151	100.00	68,837	-
	16	Agu	16	0.009	12,059	68,837	67.37	0.003	4,503	20.00	27,648	2.401	4.268	1,639.64	79,256	32,151	32,151	100.00	47,106	-
	17	Sep	15	0.006	8,080	47,106	66.29	0.004	4,946	20.00	25,920	1.938	4.435	1,289.29	53,896	30,866	30,866	100.00	23,030	-
	18	Sep	15	0.004	5,413	23,030	64.69	0.008	10,000	20.00	25,920	1.417	4.540	965.10	27,478	27,478	27,478	76.50	-	-
	19	Okt	15	0.003	3,627	-	63.00	0.014	18,093	20.00	25,920	0.616	6.011	555.61	3,071	3,071	3,071	6.98	-	-
	20	Okt	16	0.002	2,430	-	63.00	0.016	22,461	20.00	27,648	0.616	6.188	610.19	1,820	1,820	1,820	3.63	-	-
	21	Nov	15	0.001	1,628	-	63.00	0.014	17,765	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	1,050	1,050	1,050	2.40	-	-
	22	Nov	15	0.049	63,624	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	63,180	25,920	25,920	100.00	37,260	-
	23	Des	15	0.188	243,158	37,260	65.71	0.004	5,518	20.00	25,920	1.733	5.179	1,345.92	279,072	31,438	31,438	100.00	104,789	142,844
	24	Des	16	0.259	358,121	104,789	69.00	0.015	21,103	20.00	27,648	3.155	4.835	2,440.74	460,470	48,751	48,751	100.00	104,789	306,929

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

## Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung m³
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
10. Kebutuhan irigasi dan air baku m³
11. Data Teknis Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
13.  $14 \cdot [4] \cdot [11] \cdot [12] / 1000$
14.  $100 \cdot ([7] / \text{Tampungan aktif})$
15. Dilihat dari aturan Lepasan
16.  $[10] \cdot [15] / 100$
17. Jika  $[6] + [7] - [13] > 0$ ; maka [17]
18.  $[[17] / [10]] \cdot 100$
19.  $[6] + [7] - [13] - [17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.60 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2023

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI		Tamp. Sementara	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
								[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
2023	1	Jan	15	0.384	497,776	104,789	69.00	0.027	35,460	20.00	25,920	3.155	4.904	2,320.92	600,244	61,380	61,380	100.00	104,789	434,075
	2	Jan	16	0.432	597,818	104,789	69.00	0.023	32,157	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428.00	700,180	59,805	59,805	100.00	104,789	535,586
	3	Feb	15	0.448	580,834	104,789	69.00	0.014	17,955	20.00	25,920	3.155	3.697	1,749.53	683,874	43,875	43,875	100.00	104,789	535,210
	4	Feb	14	0.707	854,756	104,789	69.00	0.017	20,869	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	957,521	45,061	45,061	100.00	104,789	807,671
	5	Mar	15	1.248	1,617,968	104,789	69.00	0.016	21,151	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	1,720,583	47,071	47,071	100.00	104,789	1,568,722
	6	Mar	16	0.545	753,271	104,789	69.00	0.019	26,571	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	855,632	54,219	54,219	100.00	104,789	696,624
	7	Apr	15	0.322	417,050	104,789	69.00	0.010	12,869	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	519,464	38,789	38,789	100.00	104,789	375,885
	8	Apr	15	0.216	279,424	104,789	69.00	0.007	9,058	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	381,755	34,978	34,978	100.00	104,789	241,988
	9	Mei	15	0.144	187,214	104,789	69.00	0.004	5,318	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	289,982	31,238	31,238	100.00	104,789	153,954
	10	Mei	16	0.091	125,433	104,789	69.00	0.006	7,617	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	228,099	35,265	35,265	100.00	104,789	88,045
	11	Jun	15	0.065	84,040	104,789	69.00	0.008	9,849	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	186,999	35,769	35,769	100.00	104,789	46,441
	12	Jun	15	0.043	56,307	104,789	69.00	0.010	12,660	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	159,252	38,580	38,580	100.00	104,789	15,882
	13	Jul	15	0.029	37,726	104,789	69.00	0.011	14,314	20.00	25,920	3.155	3.828	1,811.72	140,703	40,234	40,234	100.00	100,470	-
	14	Jul	16	0.018	25,276	100,470	68.59	0.010	13,376	20.00	27,648	3.065	3.861	1,893.40	123,853	41,024	41,024	100.00	82,828	-
	15	Agu	15	0.013	16,935	82,828	67.97	0.006	8,231	20.00	25,920	2.698	4,236	1,714.70	98,049	34,151	34,151	100.00	63,898	-
	16	Agu	16	0.008	11,346	63,898	67.15	0.003	4,503	20.00	27,648	2.291	4,268	1,564.80	73,679	32,151	32,151	100.00	41,528	-
	17	Sep	15	0.006	7,602	41,528	65.99	0.004	4,946	20.00	25,920	1.822	4,435	1,211.90	47,919	30,866	30,866	100.00	17,052	-
	18	Sep	15	0.004	5,093	17,052	64.17	0.008	10,000	20.00	25,920	1.260	4,540	858.22	21,288	21,288	21,288	59.26	-	-
	19	Okt	15	0.003	3,413	-	63.00	0.014	18,093	20.00	25,920	0.616	6.011	555.61	2,857	2,857	2,857	6.49	-	-
	20	Okt	16	0.002	2,286	-	63.00	0.016	22,461	20.00	27,648	0.616	6.188	610.19	1,676	1,676	1,676	3.35	-	-
	21	Nov	15	0.001	1,532	-	63.00	0.014	17,765	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	954	954	954	2.18	-	-
	22	Nov	15	0.004	5,398	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4,804	444.06	4,954	4,954	4,954	19.11	-	-
	23	Des	15	0.031	39,753	-	63.00	0.004	5,518	20.00	25,920	0.616	5.179	478.71	39,274	31,438	31,438	100.00	7,836	-
	24	Des	16	0.106	145,898	7,836	63.07	0.015	21,103	20.00	27,648	0.954	4,835	738.07	152,996	48,751	48,751	100.00	104,245	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung m³
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
10. Kebutuhan irigasi dan air baku m³
11. Data Teknis Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
13.  $[6]*[11]*[12]/1000$
14.  $100*([7]/\text{tampungan aktif})$
15. Dilihat dari aturan Lepasan
16.  $[10]*[15]/100$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
18.  $[[17]/[10]]*100$
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.61 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2024

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irigasi [m³/dt]		KEBUTUHAN Air Baku [lt/dt]		EVAPORASI		Tamp. Sementara	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
								[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]													
2024	1	Jan	15	0.112	144,517	104,245	68.72	0.027	35,460	20.00	25,920	3,149	4,904	2,316.50	246,446	61,380	61,380	100.00	104,789	80,277
	2	Jan	16	0.212	292,648	104,789	69.00	0.023	32,157	20.00	27,648	3,155	4,810	2,428.00	395,009	59,805	59,805	100.00	104,789	230,415
	3	Feb	15	0.082	106,007	104,789	69.00	0.014	17,955	20.00	25,920	3,155	3,697	1,749.53	209,047	43,875	43,875	100.00	104,789	60,383
	4	Feb	14	0.332	401,295	104,789	69.00	0.017	20,869	20.00	24,192	3,155	4,583	2,024.28	504,060	45,061	45,061	100.00	104,789	354,210
	5	Mar	15	0.487	631,453	104,789	69.00	0.016	21,151	20.00	25,920	3,155	4,595	2,174.62	734,068	47,071	47,071	100.00	104,789	582,207
	6	Mar	16	0.724	1,000,745	104,789	69.00	0.019	26,571	20.00	27,648	3,155	4,810	2,427.81	1,103,107	54,219	54,219	100.00	104,789	944,098
	7	Apr	15	0.934	1,210,184	104,789	69.00	0.010	12,869	20.00	25,920	3,155	5,020	2,375.44	1,312,598	38,789	38,789	100.00	104,789	1,169,019
	8	Apr	15	0.348	450,952	104,789	69.00	0.007	9,058	20.00	25,920	3,155	5,194	2,457.76	553,284	34,978	34,978	100.00	104,789	413,516
	9	Mei	15	0.233	302,138	104,789	69.00	0.004	5,318	20.00	25,920	3,155	4,271	2,021.23	404,906	31,238	31,238	100.00	104,789	268,878
	10	Mei	16	0.146	202,432	104,789	69.00	0.006	7,617	20.00	27,648	3,155	4,206	2,123.32	305,098	35,265	35,265	100.00	104,789	165,044
	11	Jun	15	0.105	135,630	104,789	69.00	0.008	9,849	20.00	25,920	3,155	3,868	1,830.35	238,589	35,769	35,769	100.00	104,789	98,031
	12	Jun	15	0.070	90,872	104,789	69.00	0.010	12,660	20.00	25,920	3,155	3,898	1,844.74	193,817	38,580	38,580	100.00	104,789	50,447
	13	Jul	15	0.047	60,884	104,789	69.00	0.011	14,314	20.00	25,920	3,155	3,828	1,811.72	163,862	40,234	40,234	100.00	104,789	18,839
	14	Jul	16	0.030	40,792	104,789	69.00	0.010	13,376	20.00	27,648	3,155	3,861	1,949.05	143,633	41,024	41,024	100.00	102,609	-
	15	Agu	15	0.021	27,331	102,609	68.67	0.006	8,231	20.00	25,920	3,113	4,236	1,978.00	127,961	34,151	34,151	100.00	93,810	-
	16	Agu	16	0.013	18,312	93,810	68.36	0.003	4,503	20.00	27,648	2,927	4,268	1,998.67	110,123	32,151	32,151	100.00	77,972	-
	17	Sep	15	0.009	12,269	77,972	67.76	0.004	4,946	20.00	25,920	2,596	4,435	1,727.17	88,514	30,866	30,866	100.00	57,648	-
	18	Sep	15	0.006	8,220	57,648	66.85	0.008	10,000	20.00	25,920	2,157	4,540	1,468.85	64,399	35,920	35,920	100.00	28,479	-
	19	Okt	15	0.004	5,507	28,479	65.12	0.014	18,093	20.00	25,920	1,539	6,011	1,387.58	32,599	32,599	32,599	74.07	-	-
	20	Okt	16	0.003	3,690	-	63.00	0.016	22,461	20.00	27,648	0,616	6,188	610.19	3,080	3,080	3,080	6.15	-	-
	21	Nov	15	0.002	2,472	-	63.00	0.014	17,765	20.00	25,920	0,616	6,253	578.01	1,894	1,894	1,894	4.34	-	-
	22	Nov	15	0.018	23,934	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0,616	4,804	444.06	23,490	23,490	23,490	90.63	-	-
	23	Des	15	0.018	23,269	-	63.00	0.004	5,518	20.00	25,920	0,616	5,179	478.71	22,791	22,791	22,791	72.49	-	-
	24	Des	16	0.052	72,400	-	63.00	0.015	21,103	20.00	27,648	0,616	4,835	476.76	71,923	48,751	48,751	100.00	23,172	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

## Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung m³
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
10. Kebutuhan irigasi dan air baku m³
11. Data Teknis Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
13.  $[6]*[11]*[12]/1000$
14.  $100*([7]/\text{tampungan aktif})$
15. Dilihat dari aturan Lepasan
16.  $[10]*[15]/100$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
18.  $[[17]/[10]]*100$
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.62 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2025

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI		Tamp. Sementara	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
								[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]		[17]	[18]	[19]		
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]													
2025	1	Jan	15	0.300	389,159	23,172	64.70	0.027	35,460	20.00	25,920	1.421	4.904	1,045.03	411,286	61,380	61,380	100.00	104,789	245,117
	2	Jan	16	0.941	1,300,968	104,789	69.00	0.023	32,157	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428.00	1,403,330	59,805	59,805	100.00	104,789	1,238,736
	3	Feb	15	0.714	924,905	104,789	69.00	0.014	17,955	20.00	25,920	3.155	3.697	1,749.53	1,027,945	43,875	43,875	100.00	104,789	879,281
	4	Feb	14	1.297	1,568,952	104,789	69.00	0.017	20,869	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	1,671,717	45,061	45,061	100.00	104,789	1,521,867
	5	Mar	15	0.691	896,056	104,789	69.00	0.016	21,151	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	998,671	47,071	47,071	100.00	104,789	846,811
	6	Mar	16	1.578	2,181,472	104,789	69.00	0.019	26,571	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	2,283,833	54,219	54,219	100.00	104,789	2,124,825
	7	Apr	15	0.576	746,029	104,789	69.00	0.010	12,869	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	848,443	38,789	38,789	100.00	104,789	704,864
	8	Apr	15	0.386	499,840	104,789	69.00	0.007	9,058	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	602,171	34,978	34,978	100.00	104,789	462,404
	9	Mei	15	0.427	553,210	104,789	69.00	0.004	5,318	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	655,978	31,238	31,238	100.00	104,789	519,951
	10	Mei	16	0.203	279,959	104,789	69.00	0.006	7,617	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	382,625	35,265	35,265	100.00	104,789	242,571
	11	Jun	15	0.145	187,573	104,789	69.00	0.008	9,849	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	290,532	35,769	35,769	100.00	104,789	149,974
	12	Jun	15	0.097	125,674	104,789	69.00	0.010	12,660	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	228,618	38,580	38,580	100.00	104,789	85,249
	13	Jul	15	0.065	84,201	104,789	69.00	0.011	14,314	20.00	25,920	3.155	3.828	1,811.72	187,179	40,234	40,234	100.00	104,789	42,156
	14	Jul	16	0.041	56,415	104,789	69.00	0.010	13,376	20.00	27,648	3.155	3.861	1,949.05	159,255	41,024	41,024	100.00	104,789	13,442
	15	Agu	15	0.029	37,798	104,789	69.00	0.006	8,231	20.00	25,920	3.155	4.236	2,004.71	140,583	34,151	34,151	100.00	104,789	1,642
	16	Agu	16	0.018	25,325	104,789	69.00	0.003	4,503	20.00	27,648	3.155	4.268	2,154.51	127,960	32,151	32,151	100.00	95,809	-
	17	Sep	15	0.013	16,968	95,809	68,43	0.004	4,946	20.00	25,920	2.969	4.435	1,974.85	110,801	30,866	30,866	100.00	79,935	-
	18	Sep	15	0.009	11,368	79,935	67,85	0.008	10,000	20.00	25,920	2.638	4.540	1,796.80	89,506	35,920	35,920	100.00	53,587	-
	19	Okt	15	0.006	7,617	53,587	66,64	0.014	18,093	20.00	25,920	2.072	6.011	1,868.27	59,335	44,013	44,013	100.00	15,322	-
	20	Okt	16	0.004	5,103	15,322	64,02	0.016	22,461	20.00	27,648	1.203	6.188	1,191.60	19,234	19,234	19,234	38.38	-	-
	21	Nov	15	0.003	3,419	-	63,00	0.014	17,765	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	2,841	2,841	2,841	6.50	-	-
	22	Nov	15	0.002	2,291	-	63,00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	1,847	1,847	1,847	7.12	-	-
	23	Des	15	0.001	1,535	-	63,00	0.004	5,518	20.00	25,920	0.616	5.179	478.71	1,056	1,056	1,056	3.36	-	-
	24	Des	16	0.065	89,523	-	63,00	0.015	21,103	20.00	27,648	0.616	4.835	476.76	89,047	48,751	48,751	100.00	40,295	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
2. No
6. Inflow Embung  $m^3$
10. Kebutuhan irigasi dan air baku  $m^3$
14.  $100*([7]/\text{tampungan aktif})$
18.  $[[17]/[10]]*100$
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Data Teknis Embung
15. Dilihat dari aturan Lepasan
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
16.  $[10]*[15]/100$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.63 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2026

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irigasi [m³/dt]	KEBUTUHAN Air Baku [m³]	EVAPORASI		Tamp. Sementara Luas MAW awal [ha]	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]				
										[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]
2026	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
	1	Jan	15	0.023	29,586	40,295	65.91	0.027	35,460	20.00	25,920	1.795	4,904	1,320.26	68,561	61,380	61,380	100.00	7,181	-	
	2	Jan	16	0.012	17,177	7,181	63.00	0.023	32,157	20.00	27,648	0.927	4,810	713.21	23,645	23,645	23,645	39.54	-	-	
	3	Feb	15	0.310	401,445	-	63.00	0.014	17,955	20.00	25,920	0.616	3,697	341.74	401,104	43,875	43,875	100.00	104,789	252,439	
	4	Feb	14	0.150	180,920	104,789	69.00	0.017	20,869	20.00	24,192	3.155	4,583	2,024.28	283,685	45,061	45,061	100.00	104,789	133,835	
	5	Mar	15	0.394	510,109	104,789	69.00	0.016	21,151	20.00	25,920	3.155	4,595	2,174.62	612,724	47,071	47,071	100.00	104,789	460,863	
	6	Mar	16	0.425	587,814	104,789	69.00	0.019	26,571	20.00	27,648	3.155	4,810	2,427.81	690,176	54,219	54,219	100.00	104,789	531,167	
	7	Apr	15	0.241	312,099	104,789	69.00	0.010	12,869	20.00	25,920	3.155	5,020	2,375.44	414,513	38,789	38,789	100.00	104,789	270,934	
	8	Apr	15	0.131	170,319	104,789	69.00	0.007	9,058	20.00	25,920	3.155	5,194	2,457.76	272,651	34,978	34,978	100.00	104,789	132,883	
	9	Mei	15	0.088	114,114	104,789	69.00	0.004	5,318	20.00	25,920	3.155	4,271	2,021.23	216,882	31,238	31,238	100.00	104,789	80,854	
	10	Mei	16	0.055	76,456	104,789	69.00	0.006	7,617	20.00	27,648	3.155	4,206	2,123.32	179,122	35,265	35,265	100.00	104,789	39,068	
	11	Jun	15	0.040	51,226	104,789	69.00	0.008	9,849	20.00	25,920	3.155	3,868	1,830.35	154,185	35,769	35,769	100.00	104,789	13,627	
	12	Jun	15	0.026	34,321	104,789	69.00	0.010	12,660	20.00	25,920	3.155	3,898	1,844.74	137,266	38,580	38,580	100.00	98,686	-	
	13	Jul	15	0.018	22,995	98,686	68.53	0.011	14,314	20.00	25,920	3.029	3,828	1,739.30	119,941	40,234	40,234	100.00	79,708	-	
	14	Jul	16	0.011	15,407	79,708	67.84	0.010	13,376	20.00	27,648	2.632	3,861	1,626.28	93,488	41,024	41,024	100.00	52,464	-	
	15	Agu	15	0.008	10,323	52,464	66.58	0.006	8,231	20.00	25,920	2.047	4,236	1,300.55	61,486	34,151	34,151	100.00	27,335	-	
	16	Agu	16	0.005	6,916	27,335	65.05	0.003	4,503	20.00	27,648	1.515	4,268	1,034.84	33,216	32,151	32,151	100.00	1,065	-	
	17	Sep	15	0.004	4,634	1,065	63.00	0.004	4,946	20.00	25,920	0.661	4,435	439.45	5,260	5,260	5,260	17.04	-	-	
	18	Sep	15	0.002	3,105	-	63.00	0.008	10,000	20.00	25,920	0.616	4,540	419.68	2,685	2,685	2,685	7.47	-	-	
	19	Okt	15	0.002	2,080	-	63.00	0.014	18,093	20.00	25,920	0.616	6,011	555.61	1,524	1,524	1,524	3.46	-	-	
	20	Okt	16	0.001	1,394	-	63.00	0.016	22,461	20.00	27,648	0.616	6,188	610.19	783	783	783	1.56	-	-	
	21	Nov	15	0.001	934	-	63.00	0.014	17,765	20.00	25,920	0.616	6,253	578.01	356	356	356	0.81	-	-	
	22	Nov	15	0.000	626	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4,804	444.06	182	182	182	0.70	-	-	
	23	Des	15	0.032	41,505	-	63.00	0.004	5,518	20.00	25,920	0.616	5,179	478.71	41,027	31,438	31,438	100.00	9,588	-	
	24	Des	16	0.076	105,124	9,588	63.30	0.015	21,103	20.00	27,648	1.010	4,835	781.70	113,931	48,751	48,751	48,751	100.00	65,179	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
5. Inflow Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
2. No
6. Inflow Embung  $m^3$
10. Kebutuhan irigasi dan air baku  $m^3$
14.  $100*([7]/\text{tampungan aktif})$
3. Periode
7. Tampungan Awal Periode
11. Data Teknis Embung
15. Dilihat dari aturan Lepasan
4. Banyak Hari
8. Elevasi Muka Air Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
16.  $[10]*[15]/100$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
18.  $[[17]/[10]]*100$
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika  $[20] > 104,789$

Tabel 4.64 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2027

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irigasi [m³/dt]		KEBUTUHAN Air Baku [lt/dt]		EVAPORASI		Tamp. Semantara [ha]	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
								KEBUTUHAN Irigasi [m³/dt]	KEBUTUHAN Air Baku [lt/dt]	Luas MAW awal [ha]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [m³]	[m³]	[m³]	[%]					
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
2027	1	Jan	15	0.024	31,225	65,179	67.21	0.027	35,460	20.00	25,920	2.321	4,904	1,707.65	94,697	61,380	61,380	100.00	33,317	-
	2	Jan	16	0.081	111,687	33,317	65.45	0.023	32,157	20.00	27,648	1.647	4,810	1,267.82	143,737	59,805	59,805	100.00	83,932	-
	3	Feb	15	0.203	263,608	83,932	68.01	0.014	17,955	20.00	25,920	2.722	3,697	1,509.76	346,030	43,875	43,875	100.00	104,789	197,366
	4	Feb	14	0.127	153,762	104,789	69.00	0.017	20,869	20.00	24,192	3.155	4,583	2,024.28	256,527	45,061	45,061	100.00	104,789	106,677
	5	Mar	15	0.175	227,266	104,789	69.00	0.016	21,151	20.00	25,920	3.155	4,595	2,174.62	329,880	47,071	47,071	100.00	104,789	178,020
	6	Mar	16	0.428	591,320	104,789	69.00	0.019	26,571	20.00	27,648	3.155	4,810	2,427.81	693,681	54,219	54,219	100.00	104,789	534,673
	7	Apr	15	0.276	357,301	104,789	69.00	0.010	12,869	20.00	25,920	3.155	5,020	2,375.44	459,715	38,789	38,789	100.00	104,789	316,136
	8	Apr	15	0.130	168,617	104,789	69.00	0.007	9,058	20.00	25,920	3.155	5,194	2,457.76	270,949	34,978	34,978	100.00	104,789	131,182
	9	Mei	15	0.087	112,974	104,789	69.00	0.004	5,318	20.00	25,920	3.155	4,271	2,021.23	215,742	31,238	31,238	100.00	104,789	79,714
	10	Mei	16	0.055	75,692	104,789	69.00	0.006	7,617	20.00	27,648	3.155	4,206	2,123.32	178,358	35,265	35,265	100.00	104,789	38,304
	11	Jun	15	0.039	50,714	104,789	69.00	0.008	9,849	20.00	25,920	3.155	3,868	1,830.35	153,673	35,769	35,769	100.00	104,789	13,115
	12	Jun	15	0.026	33,978	104,789	69.00	0.010	12,660	20.00	25,920	3.155	3,898	1,844.74	136,923	38,580	38,580	100.00	98,343	-
	13	Jul	15	0.018	22,765	98,343	68.52	0.011	14,314	20.00	25,920	3.023	3,828	1,735.85	119,372	40,234	40,234	100.00	79,139	-
	14	Jul	16	0.011	15,253	79,139	67.81	0.010	13,376	20.00	27,648	2.620	3,861	1,618.86	92,773	41,024	41,024	100.00	51,748	-
	15	Agu	15	0.008	10,219	51,748	66.54	0.006	8,231	20.00	25,920	2.031	4,236	1,290.69	60,677	34,151	34,151	100.00	26,526	-
	16	Agu	16	0.005	6,847	26,526	64.99	0.003	4,503	20.00	27,648	1.495	4,268	1,020.97	32,352	32,151	32,151	100.00	201	-
	17	Sep	15	0.004	4,587	201	63.00	0.004	4,946	20.00	25,920	0.623	4,435	414.48	4,374	4,374	4,374	14.17	-	-
	18	Sep	15	0.002	3,074	-	63.00	0.008	10,000	20.00	25,920	0.616	4,540	419.68	2,654	2,654	2,654	7.39	-	-
	19	Okt	15	0.002	2,059	-	63.00	0.014	18,093	20.00	25,920	0.616	6,011	555.61	1,504	1,504	1,504	3.42	-	-
	20	Okt	16	0.001	1,380	-	63.00	0.016	22,461	20.00	27,648	0.616	6,188	610.19	770	770	770	1.54	-	-
	21	Nov	15	0.004	5,652	-	63.00	0.014	17,765	20.00	25,920	0.616	6,253	578.01	5,074	5,074	5,074	11.62	-	-
	22	Nov	15	0.061	79,258	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4,804	444.06	78,814	25,920	25,920	100.00	52,894	-
	23	Des	15	0.253	328,069	52,894	66.60	0.004	5,518	20.00	25,920	2.058	5,179	1,598.95	379,364	31,438	31,438	100.00	104,789	243,136
	24	Des	16	0.444	613,605	104,789	69.00	0.015	21,103	20.00	27,648	3.155	4,835	2,440.74	715,954	48,751	48,751	100.00	104,789	562,413

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung m<sup>3</sup>
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irigasi dan air baku
10. Kebutuhan irigasi dan air baku m<sup>3</sup>
11. Data Teknis Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
13. [4]\*[11]\*[12]/1000
14. 100\*([7]/tampungan aktif)
15. Dilihat dari aturan Lepasan
16. [10]\*[15]/100
17. Jika [6]+[7]-[13]>0; maka [17]
18. [[17]/[10]]\*100
19. [6]+[7]-[13]-[17]
20. [19] > 104,789
21. Jika [20] > 104,789

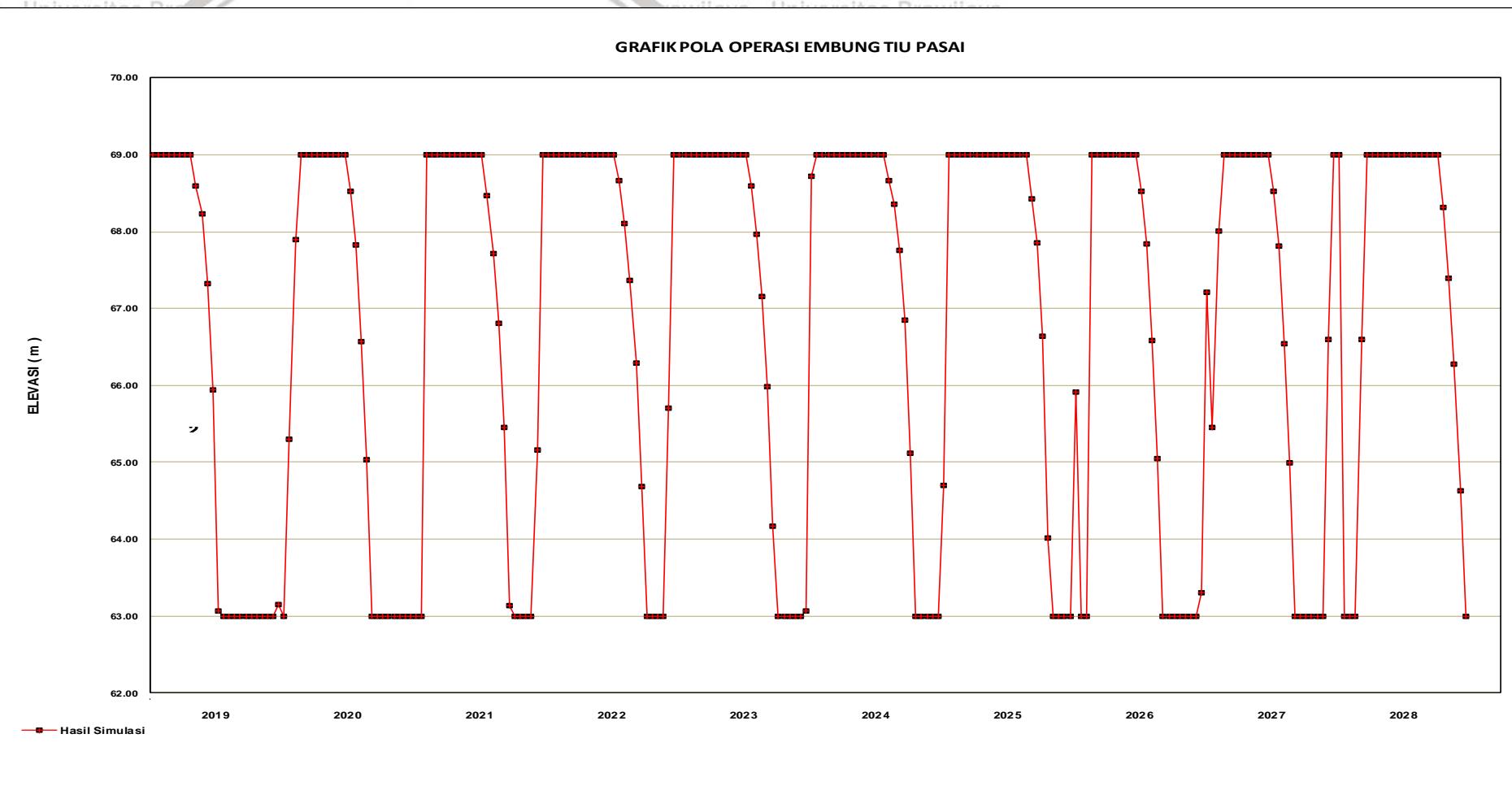
Tabel 4.65 Simulasi Embung Tiu Pasai Berdasarkan Pedoman Lepasan Hasil Simulasi Algoritma Genetik tahun 2028

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	INFLOW [m³]	Tampungan Awal periode [m³]	Elevasi Muka Air Embung [mdpl]	KEBUTUHAN Irrigasi		KEBUTUHAN Air Baku		EVAPORASI		Tamp. Sementara	OUTFLOW [m³]	Pemenuhan Kebutuhan		Tampungan Akhir periode [m³]	Volume Spillout [m³]	
								[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]		
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]													
2028	1	Jan	15	0.490	635,098	104,789	69.00	0.027	35,460	20.00	25,920	3.155	4.904	2,320.92	737,566	61,380	61,380	100.00	104,789	571,397
	2	Jan	16	0.205	283,344	104,789	69.00	0.023	32,157	20.00	27,648	3.155	4.810	2,428.00	385,706	59,805	59,805	100.00	104,789	221,112
	3	Feb	15	1.545	2,002,173	104,789	69.00	0.014	17,955	20.00	25,920	3.155	3.697	1,749.53	2,105,213	43,875	43,875	100.00	104,789	1,956,549
	4	Feb	14	1.422	1,719,563	104,789	69.00	0.017	20,869	20.00	24,192	3.155	4.583	2,024.28	1,822,328	45,061	45,061	100.00	104,789	1,672,478
	5	Mar	15	0.559	724,508	104,789	69.00	0.016	21,151	20.00	25,920	3.155	4.595	2,174.62	827,123	47,071	47,071	100.00	104,789	675,262
	6	Mar	16	0.385	532,221	104,789	69.00	0.019	26,571	20.00	27,648	3.155	4.810	2,427.81	634,582	54,219	54,219	100.00	104,789	475,574
	7	Apr	15	0.252	326,919	104,789	69.00	0.010	12,869	20.00	25,920	3.155	5.020	2,375.44	429,333	38,789	38,789	100.00	104,789	285,755
	8	Apr	15	0.169	219,036	104,789	69.00	0.007	9,058	20.00	25,920	3.155	5.194	2,457.76	321,368	34,978	34,978	100.00	104,789	181,600
	9	Mei	15	0.113	146,754	104,789	69.00	0.004	5,318	20.00	25,920	3.155	4.271	2,021.23	249,522	31,238	31,238	100.00	104,789	113,495
	10	Mei	16	0.071	98,325	104,789	69.00	0.006	7,617	20.00	27,648	3.155	4.206	2,123.32	200,991	35,265	35,265	100.00	104,789	60,937
	11	Jun	15	0.051	65,878	104,789	69.00	0.008	9,849	20.00	25,920	3.155	3.868	1,830.35	168,837	35,769	35,769	100.00	104,789	28,279
	12	Jun	15	0.034	44,138	104,789	69.00	0.010	12,660	20.00	25,920	3.155	3.898	1,844.74	147,083	38,580	38,580	100.00	104,789	3,713
	13	Jul	15	0.023	29,573	104,789	69.00	0.011	14,314	20.00	25,920	3.155	3.828	1,811.72	132,550	40,234	40,234	100.00	92,317	-
	14	Jul	16	0.014	19,814	92,317	68.31	0.010	13,376	20.00	27,648	2.897	3.861	1,789.52	110,341	41,024	41,024	100.00	69,317	-
	15	Agu	15	0.010	13,275	69,317	67.39	0.006	8,231	20.00	25,920	2.411	4.236	1,531.97	81,060	34,151	34,151	100.00	46,909	-
	16	Agu	16	0.006	8,894	46,909	66.28	0.003	4,503	20.00	27,648	1.934	4.268	1,320.93	54,482	32,151	32,151	100.00	22,331	-
	17	Sep	15	0.005	5,959	22,331	64.63	0.004	4,946	20.00	25,920	1.400	4.435	931.46	27,359	27,359	27,359	88.64	-	-
	18	Sep	15	0.003	3,993	-	63.00	0.008	10,000	20.00	25,920	0.616	4.540	419.68	3,573	3,573	3,573	9.95	-	-
	19	Okt	15	0.002	2,675	-	63.00	0.014	18,093	20.00	25,920	0.616	6.011	555.61	2,119	2,119	2,119	4.82	-	-
	20	Okt	16	0.001	1,792	-	63.00	0.016	22,461	20.00	27,648	0.616	6.188	610.19	1,182	1,182	1,182	2.36	-	-
	21	Nov	15	0.001	1,201	-	63.00	0.014	17,765	20.00	25,920	0.616	6.253	578.01	623	623	623	1.43	-	-
	22	Nov	15	0.001	805	-	63.00	0.000	-	20.00	25,920	0.616	4.804	444.06	361	361	361	1.39	-	-
	23	Des	15	0.039	50,679	-	63.00	0.004	5,518	20.00	25,920	0.616	5.179	478.71	50,201	31,438	31,438	100.00	18,762	-
	24	Des	16	0.030	41,263	18,762	64.32	0.015	21,103	20.00	27,648	1.317	4.835	1,018.87	59,006	48,751	48,751	100.00	10,255	-

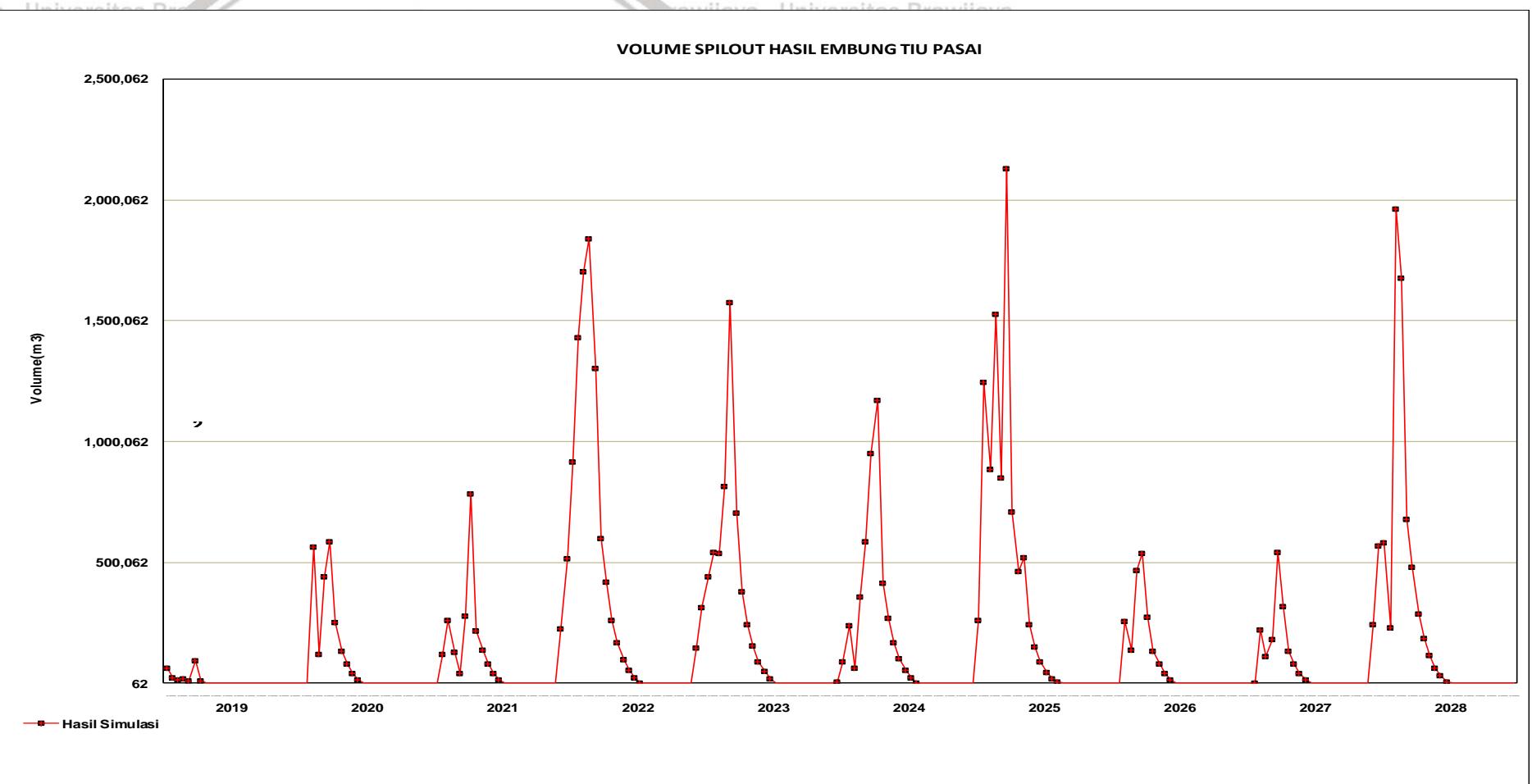
Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Keterangan:

1. Tahun
2. No
3. Periode
4. Banyak Hari
5. Inflow Embung
6. Inflow Embung m³
7. Tampungan Awal Periode
8. Elevasi Muka Air Embung
9. Kebutuhan irrigasi dan air baku
10. Kebutuhan irrigasi dan air baku m³
11. Data Teknis Embung
12. Perhitungan Penman Modifikasi
13.  $[4]*[11]*[12]/1000$
14.  $100*([7]/\text{tampungan aktif})$
15. Dilihat dari aturan Lepasan
16.  $[10]*[15]/100$
17. Jika  $[6]+[7]-[13]>0$ ; maka [17]
18.  $[[17]/[10]]*100$
19.  $[6]+[7]-[13]-[17]$
20.  $[19] > 104,789$
21. Jika [20] > 104,789



Gambar 4.10 Grafik Elevasi Muka Air Embung Tiu Pasai Hasil Dari Simulasi Algoritma Genetik 2019-2028



Gambar 4.11 Grafik Volume Spilout Embung Tiu Pasai Hasil Dari Simulasi Algoritma Genetik 2019-2028

Dari simulasi Operasi Embung pada tabel 4.56 sampai dengan tabel 4.63 dan pada grafik 4.10 dan 4.11 sebelumnya dapat dikemukakan hal-hal sebagai berikut:

1. Selama 10 tahun operasi *time series*, maka total volume *inflow*  $51,676,146 \text{ m}^3$  setiap tahunnya sementara total volume kebutuhan  $8,858,625 \text{ m}^3$ , akan tetapi volume total limpahannya  $44,002,166 \text{ m}^3$ . Jadi tidak bisa diharapkan bahwa kebutuhan selalu dipenuhi dengan 100%.
2. Berdasarkan hasil simulasi *time series* selama 10 tahun operasi dengan luas areal tanam 20 ha, terjadi limpahan (*spillout*) dengan total volume  $44,002,166 \text{ m}^3$ , terjadi reduksi volume limpahan sebelumnya dengan luas areal 15 ha menggunakan pedoman lepasan hasil algoritma genetik, total volume limpahan (*spillout*) sebelumnya  $42,930,250 \text{ m}^3$ .
3. Secara Keseluruhan maka aturan lepasan berdasarkan tumpungan dengan pedoman lepasan hasil dari algoritma genetik sudah paling optimum.





*Halaman ini sengaja dikosongkan*

- BAB V**
- KESIMPULAN**
- ### 5.1 Kesimpulan
- Setelah melakukan penelitian dan analisa yang telah disampaikan pada bab-bab sebelumnya maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang simulasi lepasan waduk menggunakan program Algoritma Genetik sebagai berikut:
1. DAS Nangabangka 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%. Dalam menentukan besarnya debit *inflow* pada Embung Tiu Pasai ditransformasi menjadi data debit dengan analisa metode Nreca dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2014. Berdasarkan hasil perhitungan metode Nreca, *inflow* pada embung Tiu pasai relatif sangat kecil dengan rerata debit *inflow* selama 10 tahun adalah 0.116 m<sup>3</sup>/dt, sementara embung Tiu Pasai hanya mengadakan *inflow* dari hujan pada *catchment area* di sungai Tiu Pasai.
  2. Rumusan model optimasi operasi waduk dalam studi ini yaitu dilakukan membuat alternatif aturan nilai lepasan (dalam bentuk persen) Embung Tiu Pasai untuk air baku dan irigasi dengan cara coba-coba yang nantinya akan terjadi peningkatan nilai minimum kebutuhan untuk air baku dan irigasi yang menjadi fungsi tujuan pada optimasi Algoritma Genetik.  
langkah awal dengan melakukan proses inisialisasi, yaitu pemilihan 16 kromosom (alternatif lepasan waduk). Kemudian secara iteratif dikembangkan lagi melalui proses atau persilangan antar generasi (*crossover*), terbentuklah 120 kromosom dan memilih 16 kromosom terbaik melalui proses reproduksi (seleksi). Proses iteratif tersebut akan berhenti jika antar kromosom pada suatu populasi sudah homogen.
  3. Dari hasil simulasi dengan pedoman lepasan dengan Algoritma Genetik dapat dikemukakan hal-hal sebagai berikut:
    - a. Selama 10 tahun operasi *time series*, maka total volume *inflow* 51,676,146m<sup>3</sup> setiap tahunnya sementara total volume kebutuhan 8,358,194 m<sup>3</sup>, akan tetapi volume total

- limpahannya  $42,930,250 \text{ m}^3$ . Jadi tidak bisa diharapkan bahwa kebutuhan selalu dipenuhi dengan 100%.
- b. Berdasarkan hasil simulasi *time series* selama 10 tahun operasi, terjadi limpahan (*spillout*) dengan total volume  $42,930,250 \text{ m}^3$ , terjadi reduksi volume limpahan sebelum menggunakan pedoman lepasan hasil algoritma genetik dengan total volume limpahan (*spillout*) sebelumnya  $44,537,417 \text{ m}^3$ .
  - c. Dari kapasitas tampungan aktif sebesar  $104,789 \text{ m}^3$ , maka tampungan embung pada awal bulan ke-1 di tahun pertama disimulasikan pada kondisi penuh dan pada akhir bulan ke-12 berada pada  $57,584 \text{ m}^3$  yang selanjutnya menjadi tampungan awal di bulan ke-1 pada tahun ke-2, dan embung kembali pada kondisi penuh di bulan ke-2 tahun ke-2. Kemudian pada akhir bulan ke-12 di tahun ke-5 volume tampungan berada pada  $53,597 \text{ m}^3$ , dan pada akhir bulan ke-12 di tahun ke-10 berada pada  $57,584 \text{ m}^3$ . Kondisi embung hanya berada pada komdisi kosong di tahun ke-1 pada bulan ke-10. Hal ini berarti bahwa kondisi embung masih dapat memelihara siklus tahunannya.
  - d. Dengan penambahan areal irigasi menjadi 20 ha, selama 10 tahun operasi *time series*, maka total volume *inflow*  $51,676,146 \text{ m}^3$  setiap tahunnya sementara total volume kebutuhan  $8,858,625 \text{ m}^3$ , akan tetapi volume total limpahannya  $44,002,166 \text{ m}^3$ . Jadi tidak bisa diharapkan bahwa kebutuhan selalu dipenuhi dengan 100%.
  - e. Berdasarkan hasil simulasi *time series* selama 10 tahun operasi dengan luas areal tanam 20 ha, terjadi limpahan (*spillout*) dengan total volume  $44,002,166 \text{ m}^3$ , terjadi reduksi volume limpahan sebelumnya dengan luas areal 15 ha menggunakan pedoman lepasan hasil algoritma genetik dengan total volume limpahan (*spillout*) sebelumnya  $42,930,250 \text{ m}^3$ .
  - f. Terjadi peningkatan kinerja embung terhadap pemenuhan kebutuhan minimum dari total kebutuhan yang direncanakan. Karena adanya peningkatan pemenuhan kebutuhan maka waduk dianggap menjadi lebih optimal fungsinya.
  - g. Secara Keseluruhan maka aturan lepasan berdasarkan tampungan dengan pedoman lepasan hasil dari algoritma genetik cukup baik.



## 5.2 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. Dilakukan perbandingan operasi waduk antara menggunakan algoritma genetika dengan operasi waduk secara sederhana namun tetap menggunakan aturan operasi yang jelas.
3. Sangat direkomendasikan menggunakan computer/ laptop dengan spesifikasi yang tinggi dengan menggunakan *processor core i7* untuk mempercepat proses simulasi khususnya proses *crossover* apabila ingin menambah iterasi yang lebih banyak untuk mendapat nilai solusi yang lebih baik.





*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**DAFTAR PUSTAKA**

- A. Ayman., 2011, *Optimization of Desiccant Absorption System Using a Genetic Algorithm, Journal of Software Engineering and Applications*, 4, 527-533
- Arifudin, Riza. “*Optimasi Penjadwalan Proyek dengan Penyeimbangan Biaya Menggunakan Kombinasi CPM dan Algoritma Genetika*”. Jurnal Masyarakat Informatika, Volume 2, Nomor 4, ISSN 2086– 4930.
- Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I. 2013, *Desain Jaringan Air Baku Tiu Pasai (Air Mencelik) 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
- Departemen Pekerjaan Umum. 2000. *Metode Perhitungan Kapasitas Tampungan pada Waduk*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- D. Naso, M. Surico, B.Turchiano, dan U. Kaymak. 2006. “*Genetic algorithms for supplychain scheduling: A case study in the distribution of ready-mixed concrete*”. European Journal of Operational Research.
- Gunawan, G, 2002. *Optimasi Multiwaduk Serial dengan Program Linier dan Simulasi*, Tesis Program Magister Teknik Sipil Konsentrasi Sumber Daya Universitas Diponegoro, Semarang.
- Karas, I. R. and Umit, A. 2011. *A Genetic Algorithm Approach for Finding 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.
- Mahmudy, W. F., Marian, R. M. & Luong, L. H. S. 2014. “*Hybrid genetic algorithms for part type selection and machine loading problems with alternative production plans in flexible manufacturing system*”. ECTI Transactions on Computer and Information Technology (ECTI-CIT).
- Nait, 2005. *Optimasi Pola Operasi Waduk Tilong dengan Program Dinamik Deterministik*. Jurnal yang tidak dipublikasikan.

- Pinedo, M., 2002. *Scheduling Theory, Algorithms, and Systems*, 2nd edition, Prentice Hall Inc., New Jersey.
- 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

