

EVALUASI DAN SIMULASI POLA OPERASI WADUK TILONG DI KABUPATEN KUPANG

Yan P. S. Tampani¹, Widandi Soetopo², Donny Harisuseno²

¹Staf Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II, Kementerian PUPR, Kupang Indonesia

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang

yan.tampani@yahoo.com

Abstrak : Pembangunan Waduk Tilong bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku. Waduk Tilong terletak di Desa Oelmasi, Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang. Tujuan studi ini untuk mengoptimalkan kebutuhan air irigasi dan air baku. Data-data yang dibutuhkan untuk studi ini adalah data teknis, data lengkung kapasitas waduk, data debit 10 tahun, data kebutuhan air. Simulasi pola operasi waduk adalah simulasi stokastik dengan random search. Hasil evaluasi di waduk Tilong belum ada pola operasi yang baik untuk memenuhi kebutuhan air. simulasi pola operasi waduk Tilong, pada tahun 2005 sampai 2010 terpenuhi 100%, sedangkan tahun 2011 sudah ada periode yang gagal/tidak terpenuhi. Maka pola operasi waduk Tilong dianggap tidak memenuhi kebutuhan sampai akhir rencana usia guna waduk. Pola operasi waduk Tilong 100% menggunakan simulasi stokastik dengan *random search*, pada tahun 2005 sampai tahun 2016 terpenuhi 100%, tahun 2017 sudah ada periode yang gagal/tidak terpenuhi. Simulasi pola operasi waduk Tilong 80%, hasil yang diperoleh dapat memenuhi kebutuhan air sampai rencana usia waduk Tilong yaitu tahun 2052.

Kata Kunci: Pola Operasi waduk, Simulasi stokastik, *random search*.

Abstract : *Tilong reservoir construction aim to irrigation and water supply. Tilong reservoir located in Oelmasi, Kupang District Central Kupang, Kupang. Purpose of this study is to optimize the irrigation and water supply need. The needed data for this study are technical data, reservoir capacity, discharge data of 10 years, water need data. Simulation for reservoir operation rule is stochastic simulation with random search. Results of the evaluation in the Tilong reservoir was not good operation rule to calculate water needs. From the simulation of Tilong reservoir operation rule in 2005 to 2010 were 100%, but failed in 2011. So the rule of Tilong reservoir operation was known that the water storage can not supply all water needs until the end of dam life time. Tilong reservoir operation rule is 100% use stochastic simulations with random search, in 2005 until 2016 are 100%, but failed in 2017. Simulation of Tilong reservoir operation rule is 80%, the results obtained that Tilong reservoir can supply the water needs until the dam life time design in 2052.*

Keywords: *Reservoir operation rule, stochastic simulations, random search.*

Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) memiliki curah hujan yang sangat rendah untuk kebutuhan usaha tani. Tipe lahan usahatannya adalah lahan kering. Salah satu upaya penanganan kebutuhan akan air maka pada tahun 1999 pemerintah melalui Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II mulai membangun Waduk Tilong dan di selesaikan pada tahun 2001. Tujuan utama dari pembangunan waduk Tilong adalah untuk air irigasi, air baku, pengendalian daya rusak air, pengembangan pariwisata, perikanan air tawar dan konservasi sumber daya air. Untuk

menghindari terjadinya konflik antara pengguna pemakai air, maka perlu dilakukan kajian terhadap waduk Tilong agar dapat menjadi masukan penting bagi pengambil kebijakan dan pihak-pihak pengelola waduk Tilong.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dibuatkan simulasi pola operasi waduk yang optimal agar dapat memenuhi kebutuhan akan air irigasi dan air baku.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pola operasi Waduk Tilong saat ini untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku.
2. Mengetahui hasil simulasi pola operasi Waduk Tilong menggunakan model simulasi stokastik dengan *random search*.
3. Mengetahui hasil perbandingan pola operasi Waduk Tilong eksisting dengan hasil simulasi menggunakan model simulasi stokastik dengan *random search*.

Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan pada lokasi waduk Tilong adalah :

1. Susilawati, 2003. Kajian Pemanfaatan Air Waduk Tilong Untuk Irigasi Pertanian. Hasilnya lahan irigasi tahun 2003 sebesar 459,25 ha. Air waduk dapat memenuhi kebutuhan lahan potensial sebesar 1.484 ha.
2. Nait, 2005. Optimasi Pola Operasi Waduk Tilong dengan Program Dinamik Deterministik. Hasilnya keandalan volume pelayanan kebutuhan air baku tahun basah 96,87%, tahun normal 91,94%, tahun kering 90%. Keandalan volume pelayanan kebutuhan air irigasi tahun basah 91,67%, tahun normal 91,94%, tahun kering 90%.
3. Fallo, 2012. Analisa Perubahan Tataguna Lahan Terhadap Usia Bendungan Tilong di DAS Tilong Kabupaten Kupang. Hasilnya laju erosi di DAS tilong sebesar 25.428.155 ton/th. Tingkat bahaya erosi DAS Tilong sangat ringan 14,03%, berat 11,35%, sangat berat 74,625%. Kawasan penyangga di

DAS Tilong 54,25%, budidaya tanaman 16,61%, pemukiman 28,67%.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Berikut data yang digunakan:

1. Data curah hujan harian tahun 2004-2014 stasiun hujan Baun, stasiun Hujan Oeletsala dan stasiun hujan Tarus yang diperoleh BWS Nusa Tenggara II.
2. Data klimatologi bulanan (evaporasi) dari tahun 2004-2014 yang diperoleh dari BMKG Stasiun Klimatologi Lasiana Kupang.
3. Data Teknis waduk Tilong yang diperoleh BWS Nusa Tenggara II.
4. Data lengkung kapasitas waduk Tilong yang diperoleh dari BWS Nusa Tenggara II.
5. Peta Lokasi Waduk Tilong yang diperoleh BWS Nusa Tenggara II.
6. Peta Daerah Aliran Sungai Noelbaki, yang diperoleh dari BWS Nusa Tenggara II.
7. Peta Layout Waduk Tilong yang diperoleh dari BWS Nusa Tenggara II.
8. Data hasil survei ke lokasi penelitian berupa kondisi Waduk Tilong.
9. Wawancara dengan masyarakat pengguna pemakai air dari waduk Tilong.
10. Foto-foto dokumentasi di lokasi penelitian.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Sumber : Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II

Metode

1. Analisa awal dari penelitian ini melakukan perhitungan debit yang masuk ke sungai dengan mengolah data hujan dari stasiun yang paling berpengaruh di lokasi penelitian. Data hujan tersebut kemudian dilakukan uji hipotesa yaitu dengan Uji (Bonnier,1981 dalam Soewarno 1955).

$$t = \frac{[\bar{x}_1 - \bar{x}_2]}{\sigma \cdot \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

$$\sigma = \left(\frac{N_1 \cdot S_1^2 + N_2 \cdot S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right)^{0,5}$$

Di mana :

\bar{x}_1 = rerata dari sampel x_1

\bar{x}_2 = rerata dari sampel x_2

s_1 = simpangan baku dari sampel x_1

s_2 = simpangan baku dari sampel x_2

N_1 = ukuran dari sampel x_1

N_2 = ukuran dari sampel x_2

Hipotesa :

H_0 : sampel x_1 dan x_2 berasal dari populasi yang sama

H_1 : sampel x_1 dan x_2 tidak berasal dari populasi yang sama.

Harga t tabel dicari pada tabel *distribusi student's* untuk derajat bebas. Dengan $dk = N_1 + N_2 - 2$ dan $\alpha =$ (Level of Significance) misal 5%. Apabila t score $< t$ tabel, maka H_0 diterima, dan jika sebaliknya maka H_0 ditolak.

2. Membuat polygon thiessen

Pembuatan poligon thiessen dengan bantuan software aplikasi GIS, untuk mendapatkan luasan pengaruh hujan pada lokasi penelitian.

3. Dalam penelitian ini data debit di hitung dengan menggunakan simulasi F. J. Mock. Melakukan kalibrasi antara data debit hasil pengukuran AWLR pada tahun 2004 dengan hasil simulasi F.J. Mock Tahun 2004 (Limantara,2010).

4. Membangkitkan Data Debit Dengan Metode *Thomas Fiering* (Dajan,1974).

a. Menentukan Bilangan Acak Normal (ti).

$$ti = (U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_{12})$$

Dimana :

ti = bilangan acak normal

U_n = bilangan acak uniform

b. Membangkitkan Debit Berikutnya Dengan Metode *Thomas Fiering*

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

$$= X_b + b_j (q_{i,b-1} - \bar{X}_{b-1}) + t_{i,b} \cdot Sd_b \cdot \sqrt{(1 - r_b^2)}$$

Dimana :

$q_{i,b}$ = debit hasil pembangkitan untuk bulan b tahun I

\bar{X}_b, \bar{X}_{b-1} = rerata debit pada bulan b

r_b = korelasi untuk bulan b

Sd_b, sd_{b-1} = standar deviasi untuk bulan b dan bulan b-1

$T_{i,b}$ = bilangan random untuk bulan b tahun I

$Q_{i,b-1}$ = debit bulan b-1 tahun i

c. Menguji data debit Tahunan dengan Uji F (Soewarno, 1995).

$$F = \frac{n_1 S_1^2 (n_2 - 1)}{n_2 S_2^2 (n_1 - 1)}$$

Dimana :

S_1^2 = variansi sampel 1 (debit

$$historis) = \frac{n_1 Sd_1^2}{n_1 - 1}$$

S_2^2 = variansi sampel 2 (debit

$$sintetis) = \frac{n_1 Sd_2^2}{n_2 - 1}$$

Harga $F_{kritis} = (n_1 - 1, n_2 - 1)$

Dimana :

n_1 = jumlah sampel 1 (debit historis)

n_2 = jumlah sampel 2 (debit sintetis)

H_0 diterima jika harga F hitung $< F$ kritis

H_0 ditolak jika harga F hitung $> F$ kritis

5. Mengitung kebutuhan air

a. Kebutuhan air irigasi (data)

b. Kebutuhan air baku (perhitungan)

c. Simulasi pola operasi waduk berdasarkan jenis musim kurang, rendah, musim normal, musim cukup.

d. Simulasi Pola Operasi Waduk Eksisting.

- e. Simulasi pola operasi waduk Tilong 100% menggunakan simulasi stokastik dengan *random search* dan Simulasi pola operasi waduk Tilong 80% menggunakan simulasi stokastik dengan *random search* (Soetopo, 2012).

$$O = St + I - St+1$$

Dimana :

- St = tampungan waduk awal periode/bulan t (m³)
- St+1 = tampungan waduk pada akhir periode/bulan t (m³)
- I = total volume debit inflow yang masuk ke waduk selama periode t (m³)
- O = total volume debit outflow yang keluar dari waduk selama periode t (m³)

HASIL DAN PEMBAHASAN
Evaluasi Pola Operasi Waduk Eksisting

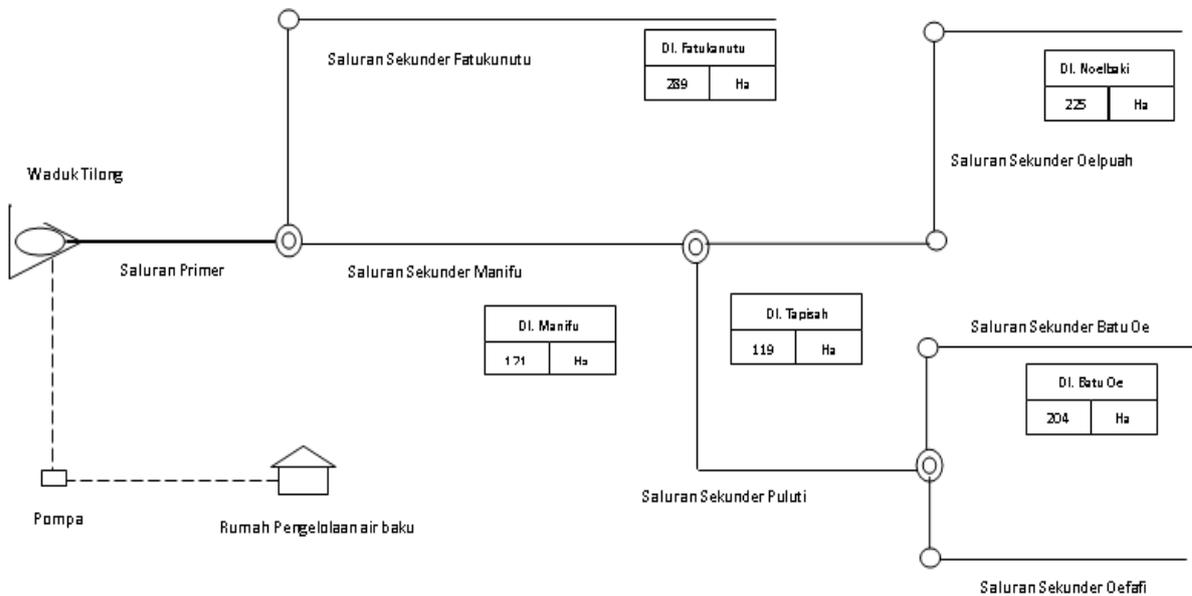
Hasil yang diperoleh pada saat melakukan evaluasi dilokasi penelitian, wa-

duk Tilong yang selama ini beroperasi belum ada pola operasi yang baik guna memenuhi kebutuhan akan air irigasi dan air baku.

Pembangunan waduk Tilong di peruntukan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dengan luas areal fungsional sebesar 958 ha dan areal potensial sebesar 1.484 ha. Sedangkan untuk air baku direncanakan untuk memenuhi kebutuhan sebesar 30% terhadap jumlah penduduk Kota Kupang dan sekitarnya. (Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II).

Data debit yang peroleh di lokasi penelitian hanya ada 1 tahun yaitu tahun 2004. Karena alat yang digunakan untuk mengukur debit dilokasi penelitian rusak sampai dengan saat ini. Karena ketersediaan data debit yang masuk ke waduk, sedangkan kebutuhan untuk melakukan simulasi pola operasi waduk membutuhkan data debit minimal 10 tahun. Berdasarkan itulah maka harus dihitung data yang masuk ke waduk Tilong.

Gambar 2 menunjukkan skema pembagian air waduk Tilong.



Gambar 2. Skema pembagian air waduk Tilong

Pengolahan data hujan

Ada tiga stasiun hujan yaitu stasiun hujan Baun, stasiun hujan Oeletsala dan stasiun hujan Tarus. Untuk mengetahui apakah data hujan yang ada berasal dari populasi yang sama maka di lakukan pengujian homogenitas. Dalam pengujian data curah hujan ini digunakan pengujian hipotesa Uji T.

Setelah dilakukan pengujian hipotesa uji untuk mengetahui apakah sampel variabel 1 dan variabel 2 tersebut berasal dari populasi yang sama atau tidak. Hasil di yang dipeoleh adalah *t score* < *t tabel*, maka *H0* diterima, karena berasal dari polpulasi yang sama.

Untuk mendapatkan besaran rerata pengaruh hujan pada lokasi penelitian, digunakan pendekatan dengan metode Poligon Thiessen.

Tabel 1. Perhitungan data curah hujan rerata (15 harian) untuk tiga stasiun dengan metode Thiessen.

No.	Tahun	Bulan (15 harian)																							
		Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		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
1	2005	86	44	91	45	45	52	14	5	9	3	0	1	0	1	0	0	6	0	0	9	15	73	55	61
2	2006	35	30	43	34	39	13	17	17	2	7	3	5	0	2	0	0	0	0	0	0	28	27	25	26
3	2007	96	122	93	152	148	38	25	4	0	2	0	12	0	0	0	0	0	3	4	25	40	25	53	154
4	2008	62	39	139	57	90	53	7	1	8	18	2	4	0	0	0	0	0	0	2	4	7	24	27	99
5	2009	30	80	88	38	104	29	22	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2	49	74	111
6	2010	46	60	30	12	83	20	23	21	10	7	0	6	2	3	12	0	7	0	3	23	4	8	26	40
7	2011	83	38	36	36	64	26	25	29	4	6	0	24	3	0	0	1	0	0	4	11	5	8	46	68
8	2012	63	52	97	69	76	55	17	5	5	4	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	7	30	40	46
9	2013	74	59	100	104	82	9	9	0	3	9	6	19	2	0	0	0	0	0	3	0	3	145	117	42
10	2014	62	100	89	55	44	41	32	51	15	6	3	6	5	6	18	0	13	0	12	6	17	56	47	39

Sumber : Hasil Perhitungan

Menghitung debit sungai pada lokasi penelitian.

Dalam penelitian ini data debit yang masuk ke Sungai Tilong, akan digunakan simulasi F. J. Mock. Sebelum dilakukan perhitungan debit dengan simulasi F. J. Mock perlu dilakukan kalibrasi antara data debit hasil pengukuran dengan menggunakan AWLR dan hasil simulasi F. J. Mock pada tahun 2004.

Tabel 2 menunjukkan data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan debit dengan simulasi F. J. Mock.

Tabel 2. Data yang diperlukan untuk simulasi F. J. Mock.

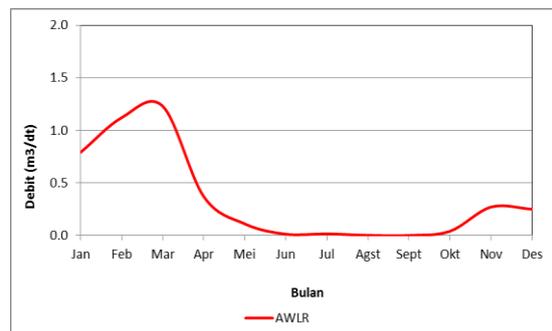
No.	Jenis Data	Sumber Data
1	Data hujan 10 tahun	Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II
2	Data penguapan/evaporasi	Badan Meteorologi dan Geofisika, Stasiun Klimatologi Lasiana, Kupang
3	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II
4	Luas daerah aliran sungai (DAS)	Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II
5	Koefisien infiltrasi	Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II
6	Penyimpanan awal (initial storage)	Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II

Sumber : Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II dan BMG, Stasiun Klimatologi Lasiana Kupang

Tabel 3. Data hasil pengukuran debit pada waduk Tilong (m³/dt) tahun 2004

Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
0.790	1.120	1.230	0.370	0.110	0.012	0.015	0.001	0.000	0.040	0.270	0.250

Sumber : Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II



Gambar 3. Grafik pengukuran lapangan debit rerata bulanan pada waduk Tilong pada tahun 2004.

Tabel 4. Data curah hujan rerata tahun 2004

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
2004	87.5	82.2	102.2	17.1	9.0	8.6	3.3	0.1	3.4	19.5	41.6	43.3

Sumber : Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II

Tabel 5. Data evaporasi di Daerah Aliran Sungai Noelbaki tahun 2004

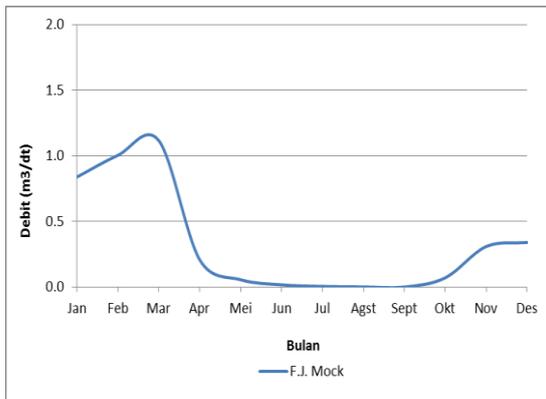
Tahun	Penguapan/Evaporasi (mm/bln)											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Ags.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
2004	16	10.9	14.3	18.2	16.5	17.6	20.2	19.2	23.4	20.5	20	17.4

Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Klimatologi Lasiana Kupang.

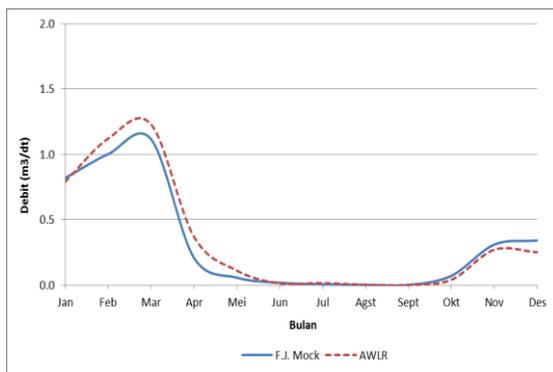
Tabel 6. Data debit hasil perhitungan pada lokasi penelitian (m³/dt) tahun 2004 dengan simulasi F. J. Mock

Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
0.838	1.004	1.116	0.208	0.056	0.017	0.005	0.002	0.000	0.070	0.309	0.340

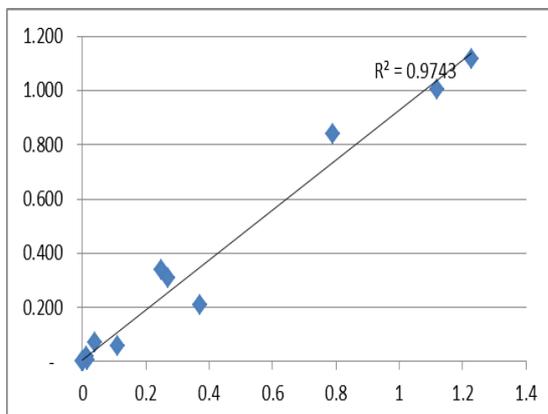
Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. Grafik hasil perhitungan debit rerata bulanan dengan simulasi F. J. Mock pada tahun 2004



Gambar 5. Grafik kalibrasi hasil pengukuran debit lapangan dengan AWLR dan hasil simulasi F. J. Mock pada tahun 2004



Gambar 6. Grafik Uji Korelasi Analisa Regresi data debit pada tahun 2004

Tabel 7. Perhitungan NSE data debit hasil pengukuran lapangan dengan AWLR dan data debit hasil simulasi F. J. Mock.

Tahun 2004					
Bulan	AWLR	Simulasi F. J. Mock	(O ⁱ -P ⁱ) ²	(O _i - \bar{O}_i) ²	NSE
Jan	0.790	0.838	0.002	11.68	0.999
Peb	1.120	1.004	0.013	9.54	
Mar	1.230	1.116	0.013	8.87	
Apl	0.370	0.056	0.099	14.73	
Mei	0.110	0.056	0.003	16.79	
Juni	0.012	0.017	0.000	17.61	
Juli	0.015	0.005	0.000	17.58	
Ags	0.001	0.002	0.000	17.70	
Sep	0.000	0.000	0.000	17.71	
Okt	0.040	0.070	0.001	17.37	
Nop	0.270	0.309	0.002	15.51	
Des	0.250	0.340	0.008	15.67	
Rata2 (\bar{O}_i)	4.208	3.814	0.141	180.75	

Sumber : Hasil Perhitungan

Gambar 5 menunjukan hasil kalibrasi antara pengukuran debit lapangan dengan AWLR dan hasil simulasi F. J. Mock pada tahun 2004.

Setelah dilakukan kalibrasi selanjutnya dilakukan uji korelasi data dengan metode analisa regresi seperti yang ditampilkan pada tabel 6. Dari hasil korelasi data debit yang berada lapangan dengan metode simulasi F. J. Mock diperoleh nilai koefisien $0,6 < R < 1$. Nilai R dari perbandingan debit simulasi dengan debit AWLR memiliki hubungan yang baik.

Pengujian selanjutnya dilakukan uji *Nash Sutcliffe Efficient* (NSE). Uji NSE bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara data dan model atau nilai daya prediksi/akurasi antara model dan data lapangan, seperti yang ditampilkan pada tabel 7. Dari hasil perhitungan diatas di dapat perhitungan *Nash Sutcliffe Efficient* (NSE) dengan nilai $> 0,75$, Jadi dapat disimpulkan bahwa data debit hasil simulasi layak.

Setelah dilakukan kalibrasi antara data debit hasil pengukuran lapangan dengan AWLR dan hasil perhitungan debit rerata bulanan dengan simulasi F. J. Mock, hasilnya dianggap mendekati atau hampir sama, baru bisa dilakukan perhitungan debit tahun selanjutnya dengan menggunakan simulasi F. J. Mock.

Tabel 8. Rekapitulasi data debit sungai Tilong dengan simulasi F. J. Mock.

Bulan	Debit (m ³ /det)																			
	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Jan	1.9358	0.9645	0.7535	0.5998	2.0549	2.6685	1.3325	0.8276	0.4545	1.5604	0.8757	1.2111	1.9713	0.9552	1.3378	1.1041	1.6233	1.3286	1.3426	2.1570
Feb	2.0450	1.0751	0.8214	0.7609	2.1666	4.2339	3.1384	1.4750	1.8578	1.0758	0.5277	0.2895	0.8786	0.9392	2.1492	1.8022	2.2642	2.7862	2.0072	1.6585
Maret	1.0866	1.0535	0.7438	0.1787	3.4595	1.1633	2.2258	1.1397	2.3248	0.5765	1.6760	0.2446	1.3791	0.5078	1.8181	1.2217	1.9308	0.3497	1.0004	0.8957
April	0.2137	0.1785	0.2832	0.2381	0.8521	0.2621	0.3781	0.1978	0.5326	0.1107	0.4925	0.3002	0.5769	0.5837	0.3944	0.2171	0.3195	0.1108	0.6788	1.1409
Mei	0.0621	0.0502	0.0586	0.0370	0.2022	0.0737	0.1134	0.1725	0.1313	0.0311	0.1068	0.0454	0.1137	0.0892	0.1029	0.0611	0.0958	0.0312	0.2044	0.1716
Juni	0.0186	0.0161	0.0176	0.0118	0.0606	0.0648	0.0340	0.0347	0.0394	0.0100	0.0320	0.0145	0.0341	0.3500	0.0309	0.0195	0.0288	0.2283	0.0479	0.0549
Juli	0.0056	0.0045	0.0053	0.0033	0.0182	0.0119	0.0102	0.0098	0.0118	0.0028	0.0096	0.0041	0.0102	0.0490	0.0093	0.0055	0.0086	0.0306	0.0144	0.0154
Agust	0.0017	0.0014	0.0016	0.0010	0.0055	0.0036	0.0031	0.0029	0.0035	0.0008	0.0029	0.0012	0.0031	0.0147	0.0028	0.0016	0.0026	0.0092	0.0155	0.0046
Sept	0.0005	0.0004	0.0005	0.0003	0.0016	0.0011	0.0009	0.0009	0.0011	0.0003	0.0009	0.0004	0.0009	0.0047	0.0008	0.0005	0.0008	0.0029	0.0474	0.0015
Okt	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0005	0.2107	0.0003	0.0003	0.0003	0.0001	0.0003	0.2130	0.0003	0.0013	0.0003	0.0001	0.0002	0.0008	0.0091	0.0004
Nop	0.1041	1.4337	0.3269	0.2888	0.6352	0.3194	0.0001	0.2692	0.0001	0.8096	0.0001	0.0309	0.0001	0.0004	0.0001	0.3715	0.0001	3.0130	0.0961	0.9834
Des	1.0469	1.2939	0.3635	0.3811	1.0394	3.1073	0.3908	1.9244	1.4509	2.2385	0.3771	0.6798	0.8083	1.2425	0.6375	0.8039	2.4487	1.0999	0.8703	0.7642

Sumber : Hasil Perhitungan

Membangkitkan Data Debit Dengan Metode Thomas Fiering.

Pola operasi waduk selama 50 tahun sampai dengan akhir rencana usia guna waduk Tilong

yaitu sampai dengan tahun 2052, dilakukan pembangkitan data debit dengan metode Thomas Fiering.

Tabel 9. Perhitungan debit (Selama 38 Tahun) dengan Metode Thomas Fiering

Tahun	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Agust.	Sept.	Okt.	Nop.	Des.
2005	5.911	3.120	2.140	0.393	0.112	0.035	0.011	0.003	0.001	0.000	1.538	2.377
2006	1.354	1.582	0.923	0.521	0.096	0.030	0.008	0.003	0.000	0.000	0.616	0.744
2007	4.723	3.589	1.750	0.748	0.493	0.233	0.344	0.329	0.055	0.038	0.131	0.129
2008	2.160	4.613	3.366	0.576	0.285	0.069	0.020	0.006	0.002	0.000	0.269	2.315
2009	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684
2010	2.087	0.817	1.921	0.792	0.152	0.047	0.014	0.004	0.001	0.213	0.031	1.057
2011	2.926	1.818	1.887	1.161	0.203	0.384	0.059	0.018	0.006	0.001	0.000	2.051
2012	2.442	3.951	3.040	0.611	0.164	0.051	0.014	0.005	0.002	0.000	0.372	1.442
2013	2.952	5.050	2.281	0.430	0.127	0.257	0.040	0.012	0.004	0.001	3.013	3.549
2014	3.500	3.666	1.896	1.820	0.376	0.103	0.029	0.120	0.048	0.009	1.079	1.634
2015	5.783	5.898	3.149	1.957	0.421	0.310	0.303	0.304	0.244	0.521	0.534	1.418
2016	5.709	4.132	2.467	2.195	0.451	0.333	0.802	0.808	1.069	1.317	0.096	1.084
2017	5.595	4.075	2.445	2.188	0.451	0.332	0.663	0.663	0.760	1.019	0.264	1.212
2018	2.752	2.836	1.968	2.219	0.455	0.335	0.894	0.892	0.962	1.215	0.154	1.128
2019	2.723	2.823	1.964	2.225	0.455	0.336	1.044	1.041	1.093	1.340	0.083	1.074
2020	2.705	2.815	1.960	0.782	0.274	0.194	0.127	0.123	0.085	0.099	2.892	7.401
2021	7.218	4.782	2.717	0.739	0.268	0.691	1.281	1.334	1.533	1.765	0.923	1.715
2022	2.923	2.911	1.997	0.780	0.273	0.224	0.154	0.150	0.108	0.122	3.189	7.713
2023	4.969	5.682	3.064	0.719	0.266	0.188	0.122	0.118	0.080	0.095	0.784	1.901
2024	2.987	2.938	2.008	0.780	0.273	1.538	2.043	2.030	2.012	1.960	0.813	1.634
2025	2.886	2.894	1.991	0.781	0.273	0.194	0.127	0.123	0.085	0.099	2.936	7.456
2026	4.881	3.764	2.325	0.761	0.277	0.627	0.947	1.003	1.236	1.478	1.084	1.839
2027	2.966	2.929	2.004	0.780	0.273	0.194	0.127	0.123	0.085	0.099	2.182	7.079
2028	4.753	3.708	2.304	0.763	0.271	0.847	0.709	0.702	0.963	1.217	1.231	1.953
2029	3.005	2.946	2.011	0.780	1.368	1.050	1.603	1.606	1.764	1.988	0.797	1.619
2030	2.891	8.214	6.398	0.528	0.248	0.174	0.110	0.106	0.070	0.347	1.720	2.325
2031	3.131	3.001	2.032	0.778	0.772	1.234	1.765	1.818	1.917	2.131	0.717	1.556
2032	2.869	2.887	1.988	0.781	1.194	1.412	1.924	1.975	2.039	2.254	0.648	1.505
2033	2.852	2.879	1.985	0.781	1.140	1.527	2.028	2.080	2.148	2.359	0.588	1.460
2034	2.836	2.873	1.982	0.781	1.846	1.424	1.898	1.931	2.017	2.233	0.660	1.514
2035	2.845	2.877	1.984	0.781	1.828	1.409	1.802	1.831	1.930	2.147	0.707	1.551
2036	2.858	2.882	1.986	0.797	1.794	1.383	1.730	1.777	1.882	2.102	0.733	1.572
2037	2.875	2.889	1.989	0.781	1.898	1.464	1.258	1.260	1.426	1.662	0.980	1.761
2038	2.939	2.918	2.000	0.780	1.348	1.034	1.693	1.693	1.808	2.030	0.773	1.601
2039	2.885	2.894	1.991	0.781	0.273	0.194	0.127	0.123	0.085	0.099	3.382	7.986
2040	10.162	6.065	3.211	0.711	0.579	0.433	1.130	1.132	1.287	1.522	1.059	1.820
2041	2.959	2.926	2.003	0.780	0.273	0.194	0.126	0.122	0.084	0.099	2.874	7.680
2042	4.957	3.797	2.338	0.761	0.271	0.192	0.125	0.121	0.398	0.664	0.464	1.365
2043	2.804	2.859	1.977	0.782	1.660	1.565	1.909	1.959	2.015	2.230	0.661	1.515
2044	2.855	2.881	1.986	0.781	0.279	0.201	0.134	0.130	0.091	0.105	2.912	7.709
2045	7.513	4.910	2.766	1.756	0.396	1.558	1.341	1.374	1.186	1.430	0.033	1.035
2046	2.692	2.810	1.958	0.783	0.274	0.194	0.128	0.124	0.085	0.100	2.567	7.545
2047	4.912	3.777	2.330	0.761	0.271	0.203	0.135	0.141	0.101	0.377	0.625	1.488
2048	2.846	2.877	1.984	0.781	0.273	0.194	0.127	0.123	0.085	0.099	2.866	7.664
2049	7.308	4.821	2.732	0.738	1.008	0.949	0.799	0.828	1.019	1.273	1.199	1.927
2050	4.352	3.533	2.237	0.767	0.278	0.197	0.130	0.126	0.088	0.102	2.562	7.502
2051	5.853	4.187	2.488	0.752	0.270	0.194	0.128	0.124	0.400	0.413	0.605	5.996
2052	5.339	3.963	2.402	0.757	0.440	0.324	0.243	0.239	0.187	0.198	0.726	6.187
Jumlah	184.127	167.744	109.008	44.661	27.908	26.938	32.959	33.343	35.228	41.255	55.759	144.470
Rerata Bulanan	3.836	3.495	2.271	0.930	0.581	0.561	0.687	0.695	0.734	0.859	1.162	3.010

Sumber : Hasil perhitungan.

Dalam penelitian ini hasil pembangkitan data debit dilakukan pengujian data debit untuk mengetahui data tersebut homogen atau tidak dengan menggunakan uji F. berdasarkan hasil uji F diperoleh data yang homogen dari tahun ke tahun.

Skenario debit inflow waduk Tilong

Skenario debit inflow pada waduk Tilong untuk pertimbangan pemakaian debit inflow waduk terhadap berbagai kemungkinan dari kondisi air berlebih sampai air kurang, sehingga kebutuhan air yang di suplei dapat diperhitungkan atas dasar skenario pola debit andalan misalnya untuk kondisi tahun basah, tahun normal dan tahun kering (Suyono, 2003).

Tabel 10. Debit Inflow rerata tahunan di urutkan sepanjang tahun

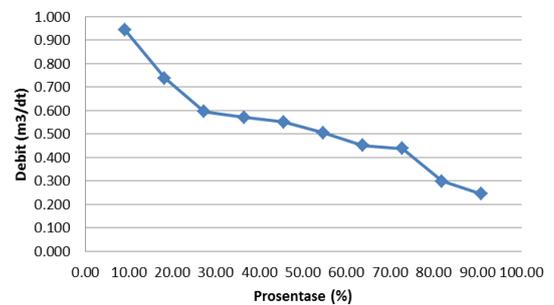
No	Tahun	Debit Inflow (m ³ /dt)	Tahun Urut	Debit Inflow (m ³ /dt)
1	2005	0.451	2007	0.942
2	2006	0.245	2013	0.738
3	2007	0.942	2014	0.595
4	2008	0.570	2008	0.570
5	2009	0.551	2009	0.551
6	2010	0.297	2005	0.451
7	2011	0.438	2012	0.504
8	2012	0.504	2011	0.438
9	2013	0.738	2010	0.297
10	2014	0.595	2006	0.245

Sumber : Hasil Perhitungan

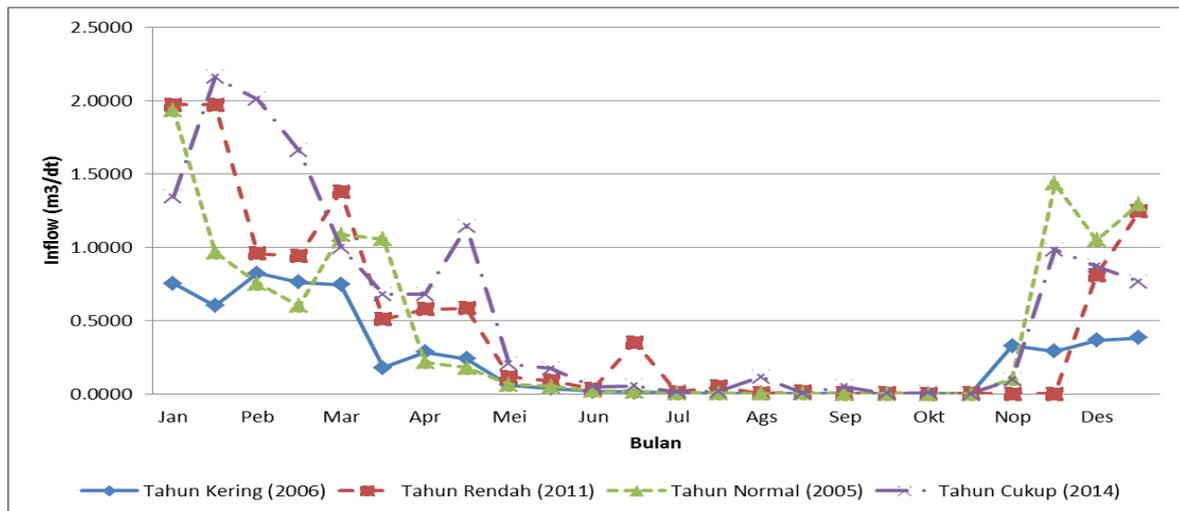
Tabel 11. Debit Inflow rerata dengan prosentase waktu

No	Tahun Urut	Debit Urut	P (%)
1	2007	0.942	9.09
2	2013	0.738	18.18
3	2014	0.595	27.27
4	2008	0.570	36.36
5	2009	0.551	45.45
6	2012	0.504	54.55
7	2005	0.451	63.64
8	2011	0.438	72.73
9	2010	0.297	81.82
10	2006	0.245	90.91

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 7. Grafik Kurva Durasi Aliran Tahun 2005 – 2014



Gambar 8. Grafik debit berdasarkan jenis musim dalam tahun

Tabel 12. Debit rerata dengan prosentase waktu

Pengelompokan Pola Debit Inflow							
Debit Musim Kering		Debit Musim Rendah		Debit Musim Normal		Debit Musim Cukup	
Tahun	Debit (m ³ /dt)	Tahun	Debit (m ³ /dt)	Tahun	Debit (m ³ /dt)	Tahun	Debit (m ³ /dt)
2006	0.245	2011	0.438	2005	0.504	2014	0.595

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 13. Hasil perhitungan debit yang mewakili jenis musim dalam tahun

Bulan	Periode	Grafik berdasarkan jenis musim dalam tahun (m ³ /dt)			
		Tahun Kering Tahun 2006	Tahun Rendah Tahun 2011	Tahun Normal Tahun 2005	Tahun Cukup Tahun 2014
Jan	I	0.7535	1.9713	1.9358	1.3426
	II	0.5998	1.9713	0.9645	2.1570
Peb	I	0.8214	0.9552	0.7535	2.0072
	II	0.7609	0.9392	0.5998	1.6585
Mar	I	0.7438	1.3791	1.0866	1.0004
	II	0.1787	0.5078	1.0535	0.6788
Apr	I	0.2832	0.5769	0.2137	0.6788
	II	0.2381	0.5837	0.1785	1.1409
Mei	I	0.0586	0.1137	0.0621	0.2044
	II	0.0370	0.0892	0.0502	0.1716
Jun	I	0.0176	0.0341	0.0186	0.0479
	II	0.0118	0.3500	0.0161	0.0549
Jul	I	0.0053	0.0102	0.0056	0.0144
	II	0.0033	0.0490	0.0045	0.0154
Ags	I	0.0016	0.0031	0.0017	0.1155
	II	0.0010	0.0147	0.0014	0.0046
Sep	I	0.0005	0.0009	0.0005	0.0474
	II	0.0003	0.0047	0.0004	0.0015
Okt	I	0.0001	0.0003	0.0002	0.0091
	II	0.0001	0.0013	0.0001	0.0004
Nop	I	0.3269	0.0001	0.1041	0.0961
	II	0.2888	0.0004	1.4337	0.9834
Des	I	0.3635	0.8083	1.0469	0.8703
	II	0.3811	1.2425	1.2939	0.7642

Sumber : Hasil Perhitungan

Kebutuhan air irigasi dan air baku waduk Tilong

Untuk menghitung *outflow* yang ada di waduk Tilong, maka perlu di hitung kebutuhan air irigasi dan air baku. Kebutuhan air irigasi adalah data sekunder yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II. Sedangkan kebutuhan air baku di proyeksikan dari tahun 2005 sampai tahun 2014. Hasil perhitungan kebutuhan air baku tersebut yang akan digunakan sebagai *outflow* dari waduk Tilong.

Tabel 14. Kebutuhan air irigasi waduk Tilong

Bulan		Kebutuhan Air Irigasi (l/dt)										
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Jan	I	376.9	265.7	293.2	316.0	337.2	358.9	379.2	401.5	422.5	443.9	484.6
	II	295.8	218.1	240.2	258.3	275.5	293.1	309.8	328.3	345.4	362.8	396.9
Peb	I	280.9	157.3	174.0	187.9	200.6	213.7	225.6	238.7	251.2	264.0	287.5
	II	169.6	101.0	111.9	121.0	129.2	137.6	145.3	153.7	161.7	169.9	184.8
Mar	I	612.8	651.4	713.5	763.5	814.2	865.0	915.3	971.5	1021.5	1073.0	1179.6
	II	614.8	653.4	716.9	768.5	819.7	871.2	921.5	977.5	1028.0	1079.9	1185.1
Apr	I	504.9	536.3	589.6	633.0	675.2	718.0	759.2	804.9	846.6	889.4	974.4
	II	198.6	211.0	231.8	248.8	265.4	282.2	298.4	316.4	332.8	349.6	383.2
Mei	I	89.4	95.0	104.3	112.0	119.4	127.0	134.3	142.4	149.8	157.3	172.4
	II	193.0	205.1	225.2	241.5	257.6	273.9	289.6	307.2	323.1	339.4	372.2
Juni	I	362.4	385.1	423.1	454.1	484.4	515.0	544.6	577.4	607.4	638.0	699.3
	II	453.4	481.7	529.1	567.5	605.4	643.6	680.6	721.8	759.2	797.5	874.5
Juli	I	543.4	577.3	634.2	680.6	726.0	771.9	816.2	865.5	910.3	956.3	1048.3
	II	541.2	575.0	631.8	678.0	723.2	769.0	813.1	862.2	906.9	952.7	1044.2
Agt	I	377.3	400.9	440.5	472.7	504.3	536.2	567.0	601.2	632.3	664.2	728.1
	II	183.7	195.2	214.5	230.1	245.5	261.0	276.0	292.7	307.8	323.4	354.5
Sep	I	163.8	174.1	191.3	205.3	219.0	232.8	246.2	261.0	274.6	288.4	316.1
	II	130.7	138.9	152.3	163.2	174.1	185.0	195.7	207.6	218.4	229.4	251.8
Okt	I	101.5	107.8	118.4	127.0	135.4	144.0	152.3	161.5	169.9	178.4	195.7
	II	61.8	65.6	72.0	77.2	82.4	87.5	92.6	98.2	103.3	108.5	119.1
Nop	I	499.0	530.3	582.0	623.9	665.5	707.4	748.2	793.6	834.6	876.7	962.1
	II	501.2	532.1	587.3	633.1	675.5	719.2	759.7	804.4	846.4	889.3	970.5
Des	I	386.8	411.2	450.3	481.7	513.7	545.7	577.5	612.9	644.5	677.0	744.4
	II	331.7	360.9	399.4	431.5	460.5	490.5	520.7	551.8	582.9	614.0	681.6

Sumber : Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II

Tabel 15. Rekapitulasi kebutuhan air air baku dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2014.

Tahun	Kebutuhan Air Rata-rata m ³ /hari	Kebutuhan Air Rata-rata juta m ³ /hari
2005	19,294	0.019
2006	20,253	0.020
2007	21,312	0.021
2008	22,189	0.022
2009	23,180	0.023
2010	27,362	0.027
2011	19,403	0.019
2012	20,764	0.021
2013	21,647	0.022
2014	31,941	0.032

Sumber : Hasil perhitungan

Simulasi Pola Operasi Waduk

Untuk mengoptimalkan kebutuhan air irigasi dan air baku pada waduk Tilong maka di lakukan simulasi pola operasi waduk.

Hasil simulasi pola operasi waduk Tilong eksisting pada tahun 2005 sampai dengan tahun 2010 terpenuhi 100%, sedangkan pada tahun 2011 terpenuhi 75%, tahun 2012 terpenuhi 58,33%, tahun 2013 terpenuhi 66,67% dan tahun 2014 terpenuhi 54,17%.

Berdasarkan hasil simulasi pola operasi waduk Tilong, maka dapat disimpulkan bahwa informasi yang diperoleh pada lokasi penelitian sama dengan hasil simulasi pola operasi waduk yaitu pada tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ada periode yang gagal, dimana air dari waduk Tilong tidak dapat memenuhi kebutuhan akan air irigasi dan air baku. Karena hasil simulasi pola operasi eksisting tidak dapat melayani kebutuhan air irigasi dan air baku maka dalam penelitian ini dibuatkan suatu simulasi pola operasi waduk yang mana diharapkan dapat memenuhi kebutuhan akan air irigasi dan air baku.

Tabel 16. Hasil rekapitulasi simulasi pola operasi waduk Tilong.

Tahun	Terlayani (periode)	Tidak terlayani (periode)	Prosentase Terlayani (%)
1	2	3	4
2005	24	0	100
2006	24	0	100
2007	24	0	100
2008	24	0	100
2009	24	0	100
2010	24	0	100
2011	18	6	75.00
2012	14	10	58.33
2013	16	8	66.67
2014	13	11	54.17

Sumber : Hasil Perhitungan.

Pola operasi waduk Tilong menggunakan simulasi stokastik dengan random search.

a. Simulasi pola operasi waduk Tilong 100% menggunakan simulasi stokastik dengan random search.

Tabel 17 menunjukkan hasil rekapitulasi Pola operasi waduk Tilong terpenuhi 100% menggunakan simulasi stokastik dengan random search, pada tahun 2005 sampai tahun 2016 terpenuhi 100%, tahun 2017 terpenuhi 93,83%, tahun 2018 sampai tahun 2052 terpenuhi 0% atau tidak dapat terpenuhi.

Tabel 17. Hasil rekapitulasi prosentasi sukses/gagal, simulasi pola operasi waduk Tilong 100% menggunakan simulasi stokastik dengan random search.

Tahun	Jumlah simulasi sukses (100%)		Prosentase sukses (%)
	Jumlah Periode Sukses (1 thn. 24 Perid.)	Jumlah Periode Gagal (1 thn. 24 Perid.)	
1	2	3	4
2005	24	0	100
2006	24	0	100
2007	24	0	100
2008	24	0	100
2009	24	0	100
2010	24	0	100
2011	24	0	100
2012	24	0	100
2013	24	0	100
2014	24	0	100
2015	24	0	100
2016	24	0	100
2017	23	1	95.83
2018	0	24	0
2019	0	24	0
2020	0	24	0
2021	0	24	0
2022	0	24	0
2023	0	24	0
2024	0	24	0
2025	0	24	0
2026	0	24	0
2027	0	24	0
2028	0	24	0
2029	0	24	0
2030	0	24	0
2031	0	24	0
2032	0	24	0
2033	0	24	0
2034	0	24	0
2035	0	24	0
2036	0	24	0
2037	0	24	0
2038	0	24	0
2039	0	24	0
2040	0	24	0
2041	0	24	0
2042	0	24	0
2043	0	24	0
2044	0	24	0
2045	0	24	0
2046	0	24	0
2047	0	24	0
2048	0	24	0
2049	0	24	0
2050	0	24	0
2051	0	24	0
2052	0	24	0

Sumber : Hasil Perhitungan

b. Simulasi pola operasi waduk Tilong 80% menggunakan simulasi stokastik dengan random search.

Tabel 18. Hasil rekapitulasi prosentasi sukses/gagal, simulasi pola operasi waduk Tilong 80% menggunakan simulasi sto-kastik dengan random search.

Tahun	Jumlah simulasi sukses (80%)		Prosentase sukses (%)
	Jumlah Periode Sukses (1 thn. 24 Perid.)	Jumlah Periode Gagal (1 thn. 24 Perid.)	
1	2	3	4
2005	24	0	100
2006	24	0	100
2007	24	0	100
2008	24	0	100
2009	24	0	100
2010	24	0	100
2011	24	0	100
2012	24	0	100
2013	24	0	100
2014	24	0	100
2015	24	0	100
2016	24	0	100
2017	24	0	100
2018	24	0	100
2019	24	0	100
2020	24	0	100
2021	24	0	100
2022	24	0	100
2023	24	0	100
2024	24	0	100
2025	24	0	100
2026	24	0	100
2027	24	0	100
2028	24	0	100
2029	24	0	100
2030	24	0	100
2031	24	0	100
2032	24	0	100
2033	24	0	100
2034	24	0	100
2035	24	0	100
2036	24	0	100
2037	24	0	100
2038	24	0	100
2039	24	0	100
2040	24	0	100
2041	24	0	100
2042	24	0	100
2043	24	0	100
2044	24	0	100
2045	24	0	100
2046	24	0	100
2047	24	0	100
2048	24	0	100
2049	24	0	100
2050	24	0	100
2051	24	0	100
2052	24	0	100

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 18 menunjukan hasil rekapitulasi simulasi pola operasi waduk Tilong terpenuhi 80% menggunakan simulasi stokastik dengan random search, pada tahun 2005 sampai dengan tahun 2052 mampu memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku terpenuhi 100%, dan bisa terlayani sampai dengan rencana usia guna waduk yaitu 50 tahun. Dengan demikian simulasi pola operasi waduk yang cocok untuk waduk Tilong yaitu simulasi pola operasi waduk Tilong terpenuhi 80% menggunakan simulasi stokastik dengan random search.

Hasil Perbandingan antara Simulasi Pola Operasi waduk Tilong dengan hasil simulasi pola operasi waduk Tilong 80% menggunakan simulasi simulasi stokastik dengan *random search*.

Hasil analisa perbandingan simulasi pola operasi waduk Tilong dengan pola operasi waduk menggunakan simulasi stokastik dengan *random search*, simulasi pola operasi Waduk Tilong pada tahun 2011 sampai 2014 terdapat periode yang gagal atau tidak terpenuhi, maka pola operasi waduk Tilong tidak dapat memenuhi kebutuhan sampai dengan akhir rencana usia guna waduk. Sedangkan hasil perhitungan simulasi pola operasi waduk menggunakan simulasi stokastik dengan *random search* dengan 80% dapat memenuhi kebutuhan air terlayani 100% sampai dengan rencana usia guna waduk yaitu sampai dengan tahun 2052.

Kesimpulan

1. Untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku pada waduk Tilong maka dilakukan simulasi pola operasi waduk Tilong sebagai pola operasi Waduk eksisting. Hasil simulasi pola operasi waduk Tilong eksisting pada tahun 2005 sampai dengan tahun 2010 terpenuhi 100%, sedangkan pada tahun 2011 terpenuhi 75%, tahun 2012 terpenuhi 58,33%, tahun 2013 terpenuhi 66,67% dan tahun 2014 terpenuhi 54,17%.
2. Hasil simulasi pola operasi waduk Tilong menggunakan simulasi stokastik dengan *random search* :
 - a. Simulasi pola operasi waduk Tilong 100% menggunakan simulasi stokastik dengan *random search*, hasil yang di dapatkan adalah pada tahun 2005 sampai dengan tahun 2016 pola operasinya 100% terpenuhi. Sedangkan pada tahun 2017 sudah ada periode yang gagal. Pada tahun 2018 sampai dengan tahun 2052 terpenuhi 0%. Karena simulasi pola operasi waduk Tilong 100% menggunakan simulasi stokastik dengan *random search* terjadi banyak kegagalan, maka dilakukan simulasi pola operasi waduk Tilong 80% agar tidak terjadi kegagalan.
 - b. Simulasi pola operasi waduk Tilong 80% menggunakan simulasi stokastik dengan *random search*, pemenuhan

kebutuhan air dari tahun 2005 sampai dengan akhir rencana usia guna waduk selama 50 tahun yaitu sampai dengan tahun 2052, prosentase terlayani sebesar 100%.

3. Hasil analisa perbandingan simulasi pola operasi waduk Tilong dengan pola operasi waduk menggunakan simulasi stokastik dengan *random search*, hasil simulasi pola operasi Waduk Tilong pada tahun 2011 sampai 2014 terdapat periode yang gagal atau tidak terpenuhi, dengan demikian pola operasi waduk Tilong tidak bisa memenuhi kebutuhan sampai dengan akhir rencana usia guna waduk. Sedangkan hasil perhitungan simulasi pola operasi waduk menggunakan simulasi stokastik dengan *random search* dengan 80% dapat memenuhi kebutuhan air terlayani 100% sampai dengan rencana usia guna waduk selama 50 tahun yaitu sampai dengan tahun 2052.

Daftar Pustaka

- Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II, *Portofolio Bendungan Tilong Provinsi NTT*. Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II
- Dajan, 1974. *Pengantar Model Statistik II*, LP3ES : Jakarta.
- Fallo, 2012. *Analisa Perubahan Tataguna Lahan Terhadap Usia Bendungan Tilong di DAS Tilong Kabupaten Kupang*. [Jurnalpengairan.ub.ac.id/.../jtp/article/view/188/182](http://jurnalpengairan.ub.ac.id/.../jtp/article/view/188/182).
- Limantara, 2010. *Hidrologi Praktis*. Penerbit CV. Lubuk Agung Bandung.
- Nait, 2005. Optimasi Pola Operasi Waduk Tilong dengan Program Dinamik Deterministik. Jurnal yang tidak dipublikasikan
- Soetopo, 2012. *Model-model Simulasi Stokastik untuk Sistem Sumber Daya Air*. Penerbit CV. Citra Malang.
- Susilawati, 2003. *Kajian Pemanfaatan Air Waduk Tilong Untuk Irigasi Pertanian*. Jurnalnttacademia.org/nttwa/ter/tilong1.pdf
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Nova, Bandung.
- Sosrodarsono, 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.