

Pola Operasi Waduk Kalola dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi pada DI Kalola Kabupaten Wajo

**Dwisya Alika Nur Ramadhani Alimuddin¹, Ummi Humairah Batari², Ratna Musa³, Ali
Mallombasi⁴, Muhammad Haris⁵**

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231

¹dwisyalika12@gmail.com, ²ummi.humairah0330@gmail.com, ³ratnamusaa@gmail.com,

⁴alimallombasi@gmail.com, ⁵muhharis.umar@umi.ac.id

ABSTRAK

Pola operasi waduk adalah patokan operasional bulanan suatu waduk di mana debit air yang dikeluarkan oleh waduk harus mengikuti ketentuan agar elevasinya terjaga sesuai dengan rancangan. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis besar debit ketersediaan air di Waduk Kalola, menganalisis besar debit kebutuhan air untuk irigasi pada Daerah Irigasi Kalola dan melakukan simulasi menggunakan pola tanam eksisting sehingga didapat pola tanam yang optimal. Dalam pengolahan data dilakukan secara manual dengan bantuan Ms Excel. setelah dilakukan perhitungan dan memasukkan data-data berupa data curah hujan, data klimatologi, dan data debit aliran. Hasil penelitian menjelaskan bahwa, pola operasi waduk kalola dengan simulasi masih banyak kelebihan air sebesar 180,73 juta m³ dibanding dengan kekurangan airnya sebesar 122,59 juta m³. Hasil simulasi berdasarkan pola tanam padi - padi, didapat pola operasi optimal dengan kekurangan air terkecil sebesar 1,30 juta m³.

Kata kunci: Pola operasi, Waduk, Simulasi, Air Irigasi

ABSTRACT

The reservoir operating pattern is a benchmark for the monthly operation of a reservoir in which the water discharge issued by the reservoir must comply with the provisions so that the elevation is maintained according to design. The purpose of this study was to analyze the amount of water availability in the Kalola Reservoir, analyze the amount of water needed for irrigation in the Kalola Irrigation Area and carry out a simulation using the existing cropping pattern to obtain an optimal cropping pattern. The data processing is done manually with the help of Ms Excel. after calculating and entering data in the form of rainfall data, climatological data, and flow discharge data. The results of the study explain that the operational pattern of the Kalola reservoir with simulations still has a lot of excess water of 180.73 million m³ compared to a water shortage of 122.59 million m³. The simulation results based on the paddy - paddy planting pattern, obtained the optimal operating pattern with the smallest water shortage of 1.30 million m³.

Keywords: Pattern of operation, Reservoir, Simulation, Irrigation Water

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Wajo merupakan salah satu kabupaten yang terletak di wilayah

sulawesi tepatnya provinsi sulawesi selatan dan dikelilingi oleh beberapa kabupaten yaitu kabupaten luwu dan kabupaten sidrap sebelah utara,

kabupaten bone dan soppeng sebelah selatan, teluk bone sebelah timur, dan kabupaten soppeng dan sidrap di sebelah barat. Kabupaten wajo sendiri kaya akan potensi sumber daya alamnya dan dikelilingi oleh dataran tinggi, pegunungan dan salah satunya lahan pertanian. Adapun Sumber daya alam atau sumber utama penghasilan daerah kabupaten wajo adalah sektor pertanian (Sosrodarsono, 1983).

Kabupaten Wajo sendiri terdiri dari 14 Kecamatan yang sebagian besar daerahnya didominasi oleh wilayah pertanian, salah satunya kecamatan Maniangpajo. Dalam Kecamatan Maniangpajo memiliki kawasan pertanian yang cukup luas yang meliputi 3291 Ha. Angka tersebut menunjukkan bahwa lahan pertanian perlu mendapatkan perhatian dan keseriusan dari pemerintah dan masyarakat, sebab lahan pertanian memiliki hubungan langsung dengan sumber pangan masyarakat sekitar, salah satu aspek yang diperhatikan dalam menjaga lahan pertanian adalah air irigasi (Suhardjono, 1994).

Waduk Kalola sebagai alternatif sarana irigasi, diharapkan mampu melayani kebutuhan air pada areal pertanian yang cukup luas, baik untuk tanaman jangka panjang maupun jangka. Waduk Kalola merupakan tempat penampungan air musim agar menjamin ketersediaan air pada musim kemarau (Soediby, 2003). Waduk Kalola mempunyai layanan tetap sebesar 2934 Ha dan layanan bersama sebesar 4654 Ha. Pada musim kemarau, air waduk yang tertampung tidak mampu maksimal sehingga menyebabkan waduk dalam kondisi kering dan mengakibatkan beberapa areal pertanian mengalami kekurangan air (Sidharta, 1997).

Berbagai fungsi yang dilayani oleh Waduk Kalola mengharuskan waduk mampu mengatur air untuk mencapai keuntungan maksimal (Hayati, 2010).

Oleh karena itu, diperlukan suatu kebijakan berupa Pola Operasi Waduk Kalola. Pola Operasi Waduk Kalola dijadikan dasar dalam mengatur kebutuhan air irigasi. Berkaitan dengan hal tersebut, maka peneliti tertarik untuk mengkajinya dalam suatu tulisan ilmiah yang berbentuk tugas akhir yang berjudul “Pola Operasi Waduk Kalola dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi pada DI Kalola Kabupaten Wajo”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang dan beberapa permasalahan yang telah diidentifikasi, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Berapa ketersediaan air di Waduk Kalola untuk kebutuhan air irigasi di D.I Kalola?
2. Bagaimana pola operasi waduk dalam mengatur kebutuhan air irigasi pada D.I Kalola?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang diinginkan pada penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui ketersediaan air di Waduk Kalola untuk kebutuhan air irigasi di D.I Kalola.
2. Untuk mengetahui pola operasi waduk dalam mengatur kebutuhan air irigasi pada D.I Kalola.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Waduk Kalola yang terletak di Desa Kalola, Kecamatan Maniangpajo, Kabupaten Wajo Provinsi Sulawesi Selatan.

2.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang di lakukan merupakan studi kasus yakni pola operasi

waduk kalola dalam pemenuhan kebutuhan air irigasi. Dalam hal ini metode yang dipakai mengacu pada beberapa teori dan literatur.

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan data sekunder.

2.3.1 Data Sekunder

Data Sekunder diperoleh dari bahan kepustakaan yang relevan dengan penelitian ini dan insitusi terkait antara lain Dinas Pekerjaan Umum yang meliputi:

1. Peta lokasi waduk
2. Data curah hujan
3. Data klimatologi
4. Data teknis waduk

2.4 Teknik Analisis Data

Menggunakan persamaan weibull dan metode Penman Modifikasi dengan bantuan Software Ms. Excel.

1. Analisa Hidrologi menjelaskan mengenai perhitungan volume andalan waduk, curah hujan efektif, dan perhitungan evapotranspirasi

yang terjadi berdasarkan keadaan klimatologi di lokasi studi.

2. Analisa kebutuhan air irigasi menjelaskan mengenai jenis tanaman, koefisien tanaman, dan efisiensi irigasi.
3. Analisa debit inflow dan debit andalan untuk mengetahui besarnya debit yang masuk ke waduk setiap bulannya dan debit yang tersedia sepanjang tahun yang utuk selanjutnya dibandingkan dengan kebutuhan air irigasi.
4. Analisa keseimbangan air waduk untuk mengetahui ketersediaan dan kebutuhan air pada waduk dan kemudian dilakukan simulasi pada tampungan waduk.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif diperoleh dari data curah hujan 15 harian. Data yang diperoleh 80% dari curah hujan minimum tengah bulan dengan periode ulang 10 tahun.

Tabel 1 Curah hujan setengah bulanan padi periode 2010-2019

Tahun	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Jan	I	0	13	14	19	41	41	41	44	51	60
	II	0	13	14	19	41	41	41	44	51	60
Feb	I	8	14	19	22	22	34	38	39	42	58
	II	2	19	20	23	27	29	32	37	55	68
Mar	I	2	19	20	23	27	29	32	37	55	68
	II	3	3	15	38	51	58	60	71	86	93
Apr	I	14	43	69	71	73	78	81	84	86	86
	II	29	49	76	88	89	140	145	163	176	220
Mei	I	82	89	91	108	112	114	135	138	146	200
	II	26	49	62	64	69	75	83	191	206	211
Jun	I	33	37	63	91	94	195	200	210	220	228
	II	3	58	73	84	99	124	128	135	136	147
Jul	I	0	0	32	35	64	65	71	72	82	96

Pola Operasi Waduk Kalola Dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi pada DI Kalola Kabupaten Wajo

	II	0	12	20	21	24	39	41	65	83	92
Agt	I	0	0	0	4	7	10	20	21	22	27
	II	0	0	0	0	7	7	10	19	20	26
Sept	I	0	0	0	0	9	13	27	36	36	38
	II	0	0	0	4	7	10	20	21	22	27
Okt	II	0	0	0	0	7	7	10	19	20	26
	I	0	0	0	0	9	13	27	36	36	38
Nov	I	25	25	32	42	59	73	74	93	98	133
	II	5	15	28	45	48	51	62	66	70	100
Des	I	0	15	27	31	40	40	41	49	75	83
	II	3	17	27	28	29	51	69	93	105	135

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai Re untuk tanaman padi pada bulan januari sampai desember yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Curah hujan efektif untuk tanaman padi (Re Padi)

Bulan		R80	Re
Jan	I	19	0,9
	II	26	1,21
Feb	I	22	1,03
	II	32	1,51
Mar	I	23	1,09
	II	108	5,04
Apr	I	64	2,97
	II	38	1,79
Jun	I	71	3,3
	II	88	4,09
Jul	I	19	0,9
	II	26	1,21
Agt	I	22	1,03
	II	32	1,51
Sept	I	23	1,09
	II	108	5,04
Okt	I	64	2,97
	II	38	1,79
Nov	I	71	3,3
	II	88	4,09
Des	I	31	1,42

Evapotranspirasi adalah unsur terpenting dalam keseluruhan proses hidrologi terutama di dalam perhitungan ketersediaan air untuk irigasi.

dengan cara penman (Modifikasi FAO) dengan memasukkan data klimatologi yang ada. Hasil perhitungan evapotranspirasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil evapotranspirasi

Parameter	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nov	Des
(t)	27,7	27,9	28,3	28,4	28,5	27,6	28,6	28,1	28,0	28,9	28,8	28,0
(n/N)	44,0	49,9	50,9	55,4	54,3	52,2	52,2	60,3	59,1	65,4	50,3	28,7
Rh	93,1	93,1	93,1	93,2	93,2	93,7	94,4	93,7	91,6	91,8	91,6	92,4
(u)	0,32	0,28	0,31	0,46	0,47	0,37	0,23	0,29	0,23	0,36	0,23	0,04
w	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Ra	15,4	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	15,4	15,3
Rs	7,56	8,21	8,19	8,19	7,50	7,03	7,14	8,24	8,60	9,41	8,09	6,24
f(t)	16,2	16,2	16,3	16,3	16,4	16,2	16,4	16,3	16,3	16,4	16,4	16,3
ea	37,1	37,5	38,4	38,7	38,9	36,9	39,1	38,0	37,8	39,8	39,6	37,8
ed	34,6	35,0	35,8	36,1	36,3	34,6	37,0	35,6	34,6	36,6	36,3	34,9
f(ed)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08
f(n/N)	0,50	0,55	0,56	0,60	0,59	0,57	0,57	0,64	0,63	0,69	0,55	0,36
f(u)	0,34	0,33	0,34	0,38	0,38	0,36	0,32	0,34	0,32	0,35	0,32	0,28
RnI	0,65	0,71	0,70	0,74	0,72	0,75	0,68	0,81	0,84	0,84	0,68	0,47
ea-ed	2,54	2,58	2,64	2,62	2,64	2,30	2,17	2,40	3,16	3,24	3,31	2,87
Etu	4,09	4,43	4,45	4,44	4,06	3,69	3,81	4,37	4,60	5,13	4,45	3,46
c	1,10	1,10	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10
Eto	4,50	4,88	4,45	3,99	3,65	3,32	3,43	4,37	5,06	5,64	4,90	3,81

3.2 Analisa Kebutuhan Air Irigasi

Analisa kebutuhan air irigasi dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijstra dengan jenis tanaman, koefisien tanaman, dan efisiensi irigasi.

dengan perhitungan penyiapan lahan, perkolasi, penjenuhan, koefisien k, dan kebutuhan air sawah.

Tabel 4 Hasil perhitungan kebutuhan air irigasi

Uraian	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nov	Des
Eto	4,50	4,88	4,45	3,99	3,65	3,32	3,43	4,37	5,06	5,64	4,90	3,81
1.1 Eto	4,95	5,37	4,90	4,39	4,02	3,65	3,77	4,81	5,57	6,20	5,39	4,19
P	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
M	6,95	7,37	6,90	6,39	6,02	5,65	5,77	6,81	7,57	8,20	7,39	6,19
T	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
S	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
K	0,70	0,74	0,69	0,64	0,60	0,57	0,58	0,68	0,76	0,82	0,74	0,62
e ^k	2,00	2,09	1,99	1,89	1,82	1,76	1,78	1,98	2,13	2,27	2,09	1,86
e ^k - 1	1,00	1,09	0,99	0,89	0,82	0,76	0,78	0,98	1,13	1,27	1,09	0,86
Pd	13,8	14,1	13,8	13,5	13,3	13,0	13,1	13,7	14,2	14,6	14,1	13,4

3.3 Analisa Debit Andalan

Data yang digunakan adalah data pencatatan debit kalola dari tahun 2010-2019, setelah itu dilakukan perhitungan debit andal Q80 dengan metode probabilitas untuk mengetahui ketersediaan air pada irigasi dan keseimbangan air yang terjadi.

Metode probabilitas dilakukan dengan cara mengurutkan data debit yang tersedia dari data yang terbesar ke data yang terkecil kemudian menentukan debit andal 80%.

Tabel 5 Hasil perhitungan debit andal Q80

Bulan	Probabilitas	Q80
-------	--------------	-----

		9,09	18,1	27,2	36,3	45,4	54,5	63,6	72,7	80,0	81,8	90,9	
Jan	I	22,7	20,4	19,3	14,2	10,1	8,9	8,7	8,3	8,3	8,2	7,9	8,3
	II	49,5	24,5	24,2	18,8	7,9	7,4	7,4	7,4	7,3	7,0	6,6	7,3
Feb	I	40,5	34,1	32,4	25,4	10,7	9,8	8,0	5,2	5,2	5,1	4,7	5,1
	II	69,8	58,9	51,5	27,2	20,5	12,7	6,6	5,6	5,5	5,0	3,9	5,5
Mar	I	43,8	35,9	22,5	17,2	16,4	12,7	10,0	10,0	9,4	7,1	3,5	9,4
	II	142	45,8	42,0	31,0	30,1	26,6	20,6	17,8	16,1	9,2	7,7	16
Apr	I	76,8	68,6	36,0	33,0	22,6	20,9	16,7	11,9	10,5	5,0	3,7	10
	II	171	128	88,5	50,0	48,6	48,2	44,5	32,4	29,8	19,5	7,7	29
Mei	I	81,4	77,5	73,2	64,0	63,3	60,3	48,8	32,4	31,2	26,3	19,0	31
	II	440	117	58,0	56,8	53,5	52,7	50,6	46,5	43,2	30,0	24,7	43
Jun	I	279	178	105	92,2	79,1	41,8	38,9	21,0	20,6	19,0	10,0	20
	II	148	122	102	90,3	83,3	71,6	61,1	25,8	25,2	22,9	14,6	25
Jul	I	179	152	70,0	62,9	60,6	38,3	29,0	20,0	19,5	17,6	16,3	19
	II	436	190	92,8	49,5	41,6	34,5	26,6	23,6	23,5	22,8	16,6	23
Agt	I	78,3	60,6	39,3	36,9	31,8	12,2	11,9	11,4	11,0	9,7	5,2	11
	II	355	108	49,8	32,8	24,8	24,7	21,1	11,6	11,1	9,2	4,8	11
Sep	I	92,1	66,9	19,3	13,4	9,5	8,1	5,0	4,8	4,7	4,4	3,6	4,7
	II	94,1	35,4	21,0	18,5	8,9	4,7	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,9
Okt	I	49,0	31,9	16,8	6,0	5,0	4,0	3,9	3,8	3,8	3,7	1,9	3,8
	II	233	46,3	26,5	24,3	23,9	19,8	5,1	3,5	3,5	3,4	1,4	3,5
Nov	I	29,5	27,1	25,7	17,0	16,7	16,5	8,7	3,8	3,8	3,5	3,3	3,8
	II	103	33,1	31,9	16,1	13,5	11,1	9,6	5,8	5,5	4,2	2,3	5,5
Des	I	43,0	31,4	25,5	23,8	17,7	15,8	8,5	6,5	6,4	5,7	4,4	6,4
	II	64,9	47,8	23,6	22,3	17,7	16,6	9,8	8,9	8,5	6,9	4,4	8,5

3.4 Analisa Keseimbangan Waduk

Simulasi pada waduk ditujukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari kinerja waduk berdasarkan ketersediaan air dan jumlah kebutuhan air yang dikeluarkan dari waduk untuk kebutuhan air irigasi.

Dengan volume tampungan waduk kalola sebesar 175.990.000 m³ pada elevasi +45,30 dengan luas permukaan 24,30 km². Hasil perhitungan simulasi waduk dapat dilihat pada tabel 6.

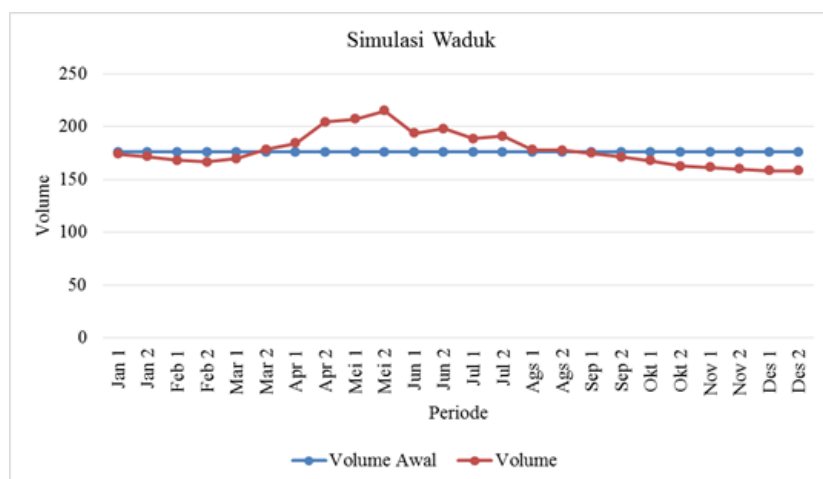
Tabel 6 Hasil perhitungan simulasi waduk 2010-2019

Bulan	Tampungan Waduk	Debit Sungai	Elevasi Waduk	Luas Waduk	Penguapan	Curah Hujan	Pemberian Air Irigasi
	175,99		45,3	24,3			
Jan I	174,27	8,30	44,73	23,09	4,50	0,90	4,88

Pola Operasi Waduk Kalola Dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi pada DI Kalola Kabupaten Wajo

	II	171,66	7,34	44,14	21,83	4,50	1,21	4,72
Feb	I	168,11	5,20	43,05	20,78	4,88	1,03	3,25
	II	166,68	5,53	43,24	19,91	4,88	1,51	2,81
Mar	I	169,64	9,43	42,67	18,69	4,45	1,09	1,58
	II	178,46	16,14	42,55	18,44	4,45	1,79	-
Apr	I	184,19	10,54	42,33	17,97	3,99	3,30	-
	II	204,56	29,86	42,19	17,67	3,99	4,09	-
Mei	I	207,33	31,24	42,05	17,37	3,65	5,04	-
	II	215,10	43,21	41,97	17,22	3,65	2,97	1,80
Jun	I	193,90	20,64	41,9	17,11	3,32	4,25	2,46
	II	198,17	25,26	41,72	16,83	3,32	3,90	2,46
Jul	I	188,66	19,59	41,28	16,16	3,43	1,63	3,89
	II	191,24	23,50	41,1	15,88	3,43	0,96	4,24
Agt	I	177,97	11,09	40,54	15,02	4,37	0,17	3,41
	II	177,52	11,12	39,88	13,97	4,37	-	3,33
Sept	I	174,96	4,79	39,32	12,97	5,06	-	0,58
	I	171,18	2,99	38,78	12	5,06	-	-
Okt	II	167,91	3,86	38,13	10,84	5,64	0,39	-
	I	162,87	3,57	37,32	9,71	5,64	0,72	1,32
Nov	I	161,55	3,80	36,6	8,75	4,90	1,96	0,52
	II	159,78	5,54	35,56	7,5	4,90	2,08	2,83
Des	I	158,26	6,42	34,3	6,19	3,81	1,42	4,21
	II	158,41	8,58	32,2	3,7	3,81	1,32	4,27

Berdasarkan Tabel 6 berikut adalah grafik simulasi waduk kalola



Gambar 1 Grafik simulasi waduk

Pada grafik Simulasi Waduk Kalola menunjukkan bahwa pada bulan Januari 1 volume tampungan waduk mengalami penurunan dari volume awal sebesar 174.270.000 m³ kemudian pada bulan Maret 2 volume tampungan waduk mengalami peningkatan sebesar 178.460.000 m³ sampai dengan bulan Agustus 2 lalu mulai menurun lagi pada bulan September 1 sampai dengan Desember 2 dengan volume tampungan sebesar 158.410.000 m³.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa maka dapat diambil beberapa kesimpulan terkait pola operasi Waduk Kalola untuk kebutuhan air irigasi sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan ketersediaan air di waduk untuk kebutuhan air irigasi dengan pola tanam terpilih yaitu padi-padi, disimpulkan bahwa kebutuhan air irigasi pada tahun 2010-2019 dapat terpenuhi dari tampungan waduk kalola sebesar 175,99 juta m³ dengan luas areal layanan waduk kalola sebesar 2934 ha.
2. Berdasarkan pola operasi waduk kalola dengan simulasi bahwa masih banyak kelebihan air pada bulan Maret 2 sampai dengan Agustus 2 dengan jumlah 180,73 juta m³ dibandingkan dengan kekurangan air pada bulan Januari 1 sampai Maret 1 dan September 1 sampai Desember 2 dengan jumlah 122,59 juta m³ sehingga kekurangan air yang terjadi masih dapat terpenuhi, disimpulkan bahwa pola operasi yang paling optimal dengan kekurangan air terkecil yaitu pada bulan September 1 sebesar 1,30 juta m³.

3. Saran

Berdasarkan uraian kesimpulan pada Pola Operasi Waduk Dalam Pemenuhan kebutuhan air irigasi pada Daerah Irigasi Kalola Kabupaten Wajo dengan Menggunakan Metode Simulasi. adapun saran yang diberikan yakni:

1. Memperhatikan jumlah air yang dikeluarkan waduk untuk pemberian irigasi.
2. Penelitian dapat dikembangkan dengan meninjau pemberian air irigasi pada bulan-bulan yang kekurangan air.

Daftar Pustaka

- Hayati, Dzokratul, 2010, " *Analisa Kapasitas Tampungan Penyimpanan Air Di Catchment Area Danau Toba* " , Skripsi, Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik USU, Medan.
- Soedibyo. 2003. " *Teknik Bendungan* ", Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono. 1983 " *Hidrologi Untuk Pengairan* ". Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suhardjono . (1994). " *Kebutuhan Air Tanaman* ". Institut Teknologi Nasional Malang.
- Sidharta, SK. (1997). " *Irigasi dan Bangunan Air* ". Gunadarma, Jakarta