

STUDI OPTIMALISASI PENGOPRASIAN WADUK SEMPOR DI KECAMATAN SEMPOR UNTUK KEBUTUHAN IRIGASI

Novi Andhi Setyo Purwono ^[1], Atiyah Barkah ^[2], Febri Aditiya Saputra ^[3]

¹⁻³Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Wijayakusuma Purwokerto

novi.andhisp@gmail.com

ABSTRAK

Waduk Sempor terletak di Desa Sempor Kecamatan Sempor Kabupaten Kebumen. Waduk Sempor dibangun pada tahun 1968 dan diresmikan pada tahun 1978. Waduk Sempor ini berfungsi mengaliri areal Irigasi seluas 6478 Ha. Permasalahan saat ini adalah terjadinya endapan pada Waduk Sempor. Pola pengoprasian dengan menggunakan waduk ini perlu dikaji dan dirasa kurang optimal, yang menurut warga terdampak tidak sesuai dengan jadwal pengeluaran air irigasi, sehingga para petani mengalami masa tanam pertama yang diundur, dengan terjadinya hal tersebut petani mengalami kerugian yang mengakibatkan berkurangnya penghasilan sehingga perlu adanya tinjauan mengenai pemanfaatan air waduk dengan menggunakan data yang lebih baru. Studi ini diawali dengan melakukan analisa data sekunder yang didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak Jogyakarta. Data-data diolah untuk mendapatkan besar debit waduk serta kebutuhan air untuk air irigasi. Dan studi ini diakhiri dengan simulasi pola pengoprasian waduk. Dari hasil studi ini diharapkan dapat membantu memberikan solusi pola pengoprasian Waduk Sempor sebagai waduk yang optimal untuk kebutuhan irigasi. Hasil Analisa yang didapat adalah debit tersedia bangkitan data FJ Mock (inflow) selama 2020-2029 (Tahun ke-1-10), didapatkan nilai tersedia terbesar adalah 14,083m³/detik dan debit tersedia terkecil adalah 0,000 m³/detik, besar kebutuhan air irigasi maksimum untuk pola tanam eksisting (padi, palawija dan bara) sebesar 20495,129 liter/detik. Dan hasil simulasi pola pengoprasian Waduk Sempor selama tahun 2020 – 2029 (Tahun ke- 1-10) didapat keandalan waduk sebesar 98,75% dengan kegagalan 1,25% yang masih dibawah dari kegagalan periode maksimal sebesar 20%. Sehingga, analisis simulasi pola pengoprasian waduk selama 10 tahun yang akan datang telah sesuai perencanaan dan masih dapat diandalkan fungsinya hingga tahun 2029.

Kata kunci: Simulasi, Pola Operasi, Waduk..

PENDAHULUAN

Salah satu kebutuhan dasar manusia adalah air, dimana air merupakan sumber daya alam yang banyak memberi kontribusi untuk pertumbuhan dan perkembangan manusia. Air dibutuhkan untuk memenuhi aktifitas sehari-hari, yaitu sebagai penyuplai kebutuhan air baku baik domestik maupun non domestik, kebutuhan irigasi, dan pembangkit listrik tenaga air. Ketersediaan air dalam waduk diharapkan mampu untuk memenuhi kebutuhan sebagai waduk ekaguna maupun waduk multiguna. Pengembangan sumber daya air perlu dilakukan sebagai bentuk usaha pelestarian agar

sumber daya alam ini dapat dikelola dengan baik sehingga, perlu adanya usaha pelestarian secara seimbang. Pengoptimalan fungsi pengelolaan waduk merupakan salah satu cara agar sumber daya air dapat dikelola secara optimal.

Pemanfaatan sumber daya air perlu dilakukan untuk mengoptimalkan sumber daya air. Pengoptimalan sumber daya air dapat dilakukan dengan cara membangun waduk yang berfungsi sebagai menampung air hujan pada periode air musim hujan agar dapat dimanfaatkan pada musim kemarau. Pengaturan pemanfaatan air waduk didasarkan pada keseimbangan antara sumber daya yang tersedia dan kebutuhan air yang diperlukan.

Waduk Sempor dibangun pada tahun 1968 dan diresmikan pada tahun 1978 berlokasi di Desa Sempor Kabupaten Kebumen Provinsi Jawa Tengah. Waduk Sempor berada di area sungai Cincinguling yang mengalir dari kaki pegunungan serayu selatan, dan bermuara di Samudra Indonesia. Waduk Sempor dibangun bertujuan untuk mengaliri area irigasi persawahan, juga sebagai pengendali banjir, serta dimanfaatkan sebagai tempat rekreasi atau tempat wisata. Berdasarkan hasil inventarisasi yang dilakukan oleh Balai Wilayah Sungai (BWS) Cincinguling luas area irigasi sebesar 6478 Ha, dengan muka air waduk -2,80 m dibawah *spillway*.

Pola pengoperasian dengan menggunakan waduk ini perlu dikaji dan dirasa kurang optimal karena menurut warga sekitar Waduk Sempor yang terdampak tidak sesuai dengan jadwal pengeluaran air irigasi, sehingga para petani mengalami masa tanam yang di undur, dengan terjadinya hal tersebut petani mengalami kerugian yang mengakibatkan berkurangnya penghasilan sehingga perlu adanya tinjauan mengenai pemanfaatan air waduk dengan menggunakan data yang lebih baru. Dengan begitu, dibutuhkan sebuah pola pengoperasian untuk mengetahui kendala waduk dalam pemanfaatannya sebagai penyedia air irigasi.

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

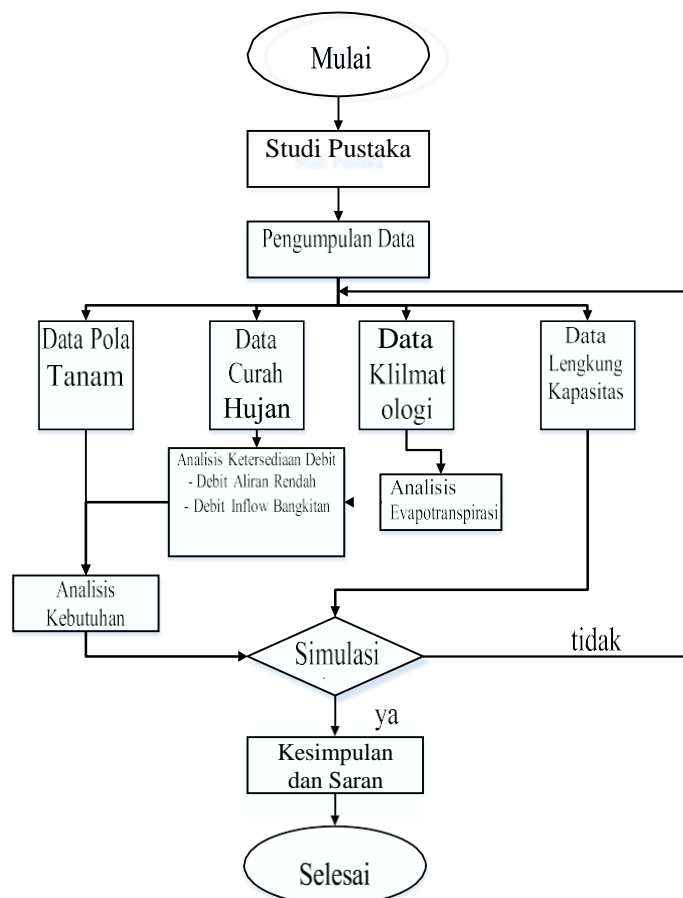
1. Sebagai bahan pertimbangan penetapan kebijakan pengelolaan Waduk Sempor.
2. Memberikan bahan masukan tentang pengaturan pemanfaatan air Waduk Sempor agar dapat bermanfaat secara optimal.
3. Memberikan pendekatan pola operasi Waduk Sempor guna pemanfaatan sumber daya air secara optimal.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di Waduk Sempor tepatnya di Desa Sempor, Kecamatan Sempor, Kabupaten Kebumen. Data curah hujan yang digunakan dari tahun 2010-2019 dari Stasiun Watu Barut, Stasiun Sampang, dan Stasiun Kedungwringin.

Data klimatologi yang digunakan mulai dari tahun 2010-2019 dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak Yogyakarta. Analisis hujan rata-rata daerah menggunakan metode polygon Thiessen, Analisis debit aliran rendah menggunakan metode FJ Mock, Analisis debit inflow bangkitan menggunakan metode Thomas Fiering, Analisis evapotranspirasi menggunakan metode Penman Modifikasi.

Bagan Alur Penelitian



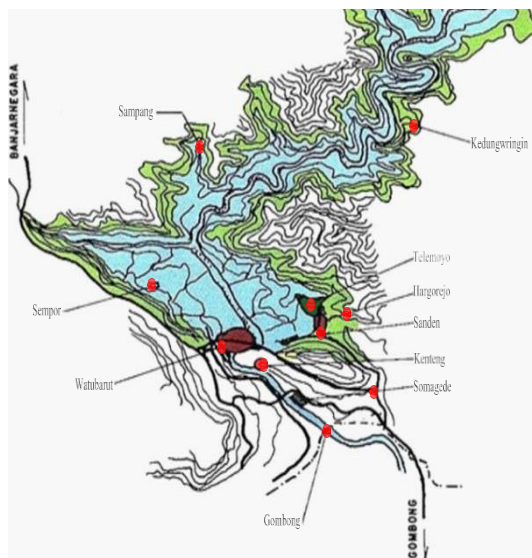
Gambar 1 Bagan Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Analisa Curah Hujan Rata-rata

Dalam menganalisa hujan rata-rata daerah diperlukan adanya peta Daerah Aliran Sungai (DAS) yang nantinya untuk menentukan besarnya curah hujan suatu daerah atau stasiun dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Metode ini mempertimbangkan daerah pengaruh setiap titik stasiun. Penggunaan metode Thiessen karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat untuk digunakan metode ini. Analis curah hujan setengah bulanan atau 15 harian selama 10 tahun yaitu dimulai data curah hujan tahun 2010-2019.

Luas DAS Sempor adalah 43,00 km² dari hasil analisa *Polygon Thiessen* terdapat 10 stasiun curah hujan yang berpengaruh di DAS Sempor, sehingga luasan pengaruh pada DAS Sempor menjadi seperti berikut :



Gambar 2 Peta Stasiun Curah Hujan DAS Sempur

Tabel 1. Curah Hujan Rata-Rata (mm/15hari)

Tahun	Bulan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
JAN	I	366,98	213,12	347,99	286,11	260,96	135,58	138,64	181,36	399,04	163,87
	II	329,30	277,24	185,54	303,15	133,80	297,33	101,60	376,20	98,06	429,23
FEB	I	422,79	225,39	118,74	168,36	124,81	170,54	328,33	222,89	270,92	256,12
	II	181,45	283,37	297,34	157,19	122,28	80,64	220,34	193,85	243,18	184,34
MAR	I	303,76	183,08	276,61	148,11	107,39	453,43	108,17	150,63	235,16	111,42
	II	293,49	250,70	41,77	107,12	81,19	288,60	193,13	240,06	256,23	445,08
APR	I	143,61	224,08	521,00	132,89	197,22	222,62	170,46	183,96	177,55	53,71
	II	203,04	195,69	78,99	133,97	120,28	257,35	182,74	221,75	241,62	89,89
MEI	I	148,32	151,07	199,76	69,59	145,10	96,95	221,21	78,47	8,50	120,58
	II	344,51	98,22	39,04	141,74	79,48	30,92	148,39	51,00	44,90	1,51
JUNI	I	101,34	56,10	16,42	140,23	3,45	38,36	184,29	40,74	0,00	3,22
	II	96,27	2,00	0,00	137,86	240,91	0,00	149,11	81,17	20,91	3,50
JULI	I	191,93	3,50	0,00	278,45	130,15	1,99	62,56	6,01	4,23	0,00
	II	149,04	19,82	1,00	5,97	18,06	0,00	81,68	29,37	0,00	3,73
AGS	I	21,47	0,00	0,00	0,00	47,60	0,00	69,60	11,75	1,50	0,00
	II	166,21	0,00	0,50	3,23	0,00	0,00	71,95	1,00	7,49	3,98
SEP	I	294,55	15,52	0,00	1,99	0,00	0,00	68,98	4,22	37,22	0,00
	II	243,45	1,00	0,00	2,27	1,00	1,00	206,55	225,73	3,74	5,49
OKT	I	235,52	8,44	139,50	0,00	7,74	0,00	149,41	146,80	0,51	1,00
	II	441,26	184,97	295,78	124,11	319,41	4,25	362,31	356,72	24,24	0,00
NOV	I	229,68	397,57	122,49	133,60	236,07	229,27	404,91	181,25	508,01	215,53
	II	260,44	370,18	414,49	124,73	412,29	481,08	464,09	185,78	167,42	35,71
DES	I	319,54	180,77	370,36	160,78	254,21	350,86	255,43	97,99	395,27	219,80
	II	214,17	262,15	303,01	457,65	524,03	151,63	210,07	291,98	125,78	77,11

b) Analisis Klimatologi

Analisis klimatologi terdiri dari perhitungan Evapotranspirasi dengan menggunakan metode Penman Modifikasi. Perhitungan ini melibatkan temperature udara ($T = ^\circ\text{C}$), kelembapan relative ($\text{RH} = \%$), lama penyinaran matahari ($n/N = \%$), dan kecepatan angin ($U = \text{m/s}$) letak lintang daerah, dan angka koreksi (C).. Besarnya nilai pada perhitungan evapotranspirasi dilakukan berdasarkan data klimatologi yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak Yogyakarta.

Tabel 2. Rekapitulasi Evapotranspirasi (Eto)

BULAN	TGL	PERIODE	Eto (mm/hari)	Eto (mm/15hari)
JANUARI	1-15	I	4,191	62,865
	16-31	II	4,191	67,055
FEBRUARI	1-14	I	4,369	61,160
	14-28	II	4,369	61,160
MARET	1-15	I	4,319	64,779
	16-31	II	4,319	69,097
APRIL	1-15	I	3,510	52,656
	16-30	I	3,510	52,656
MEI	1-15	I	3,376	50,634
	16-31	II	3,376	54,010
JUNI	1-15	I	3,301	49,518
	16-30	II	3,301	49,518
JULI	1-15	I	3,808	57,119
	16-31	II	3,808	60,927
AGUSTUS	1-15	I	6,015	90,223
	16-31	II	6,015	96,237
SEPTEMBER	1-15	I	8,390	125,857
	16-30	II	8,390	125,857
OKTOBER	1-15	I	8,876	133,136
	16-31	II	8,876	142,011
NOVEMBER	1-15	I	5,040	75,598
	16-30	II	5,040	75,598
DESEMBER	1-15	I	4,665	69,977
	16-31	II	4,665	74,642

c) Analisis Debit FJ Mock

Perhitungan debit aliran rendah menggunakan metode *F.J. Mock*. Prinsip dari metode ini memiliki dua pendekatan perhitungan aliran permukaan yang terjadi di sungai, yaitu neraca air di atas permukaan tanah dan neraca air bawah tanah yang semua berdasarkan hujan, iklim dan kondisi tanah.

d) Analisis Bangkitan Data Debit Inflow

Setelah data debit aliran rendah diketahui dengan menggunakan metode *FJ Mock* maka selanjutnya data tersebut dianalisa kembali. Analisa yang dilakukan adalah bangkitan data untuk memperkirakan debit aliran rendah yang terjadi selama 10 tahun kedepan. Metode bangkitan data yang digunakan adalah metode *Thomas - Fiering*. Dari bangkitan data ini diharapkan akan didapatkan data yang mempunyai rangkaian data dengan sifat-sifat statistik yang hampir sama dengan data historisnya. Dengan bantuan program komputer Microsoft Excel maka didapatkan bangkitan data untuk 10 tahun.

Tabel 3 Rekapitulasi Perhitungan Debit Tersedia tahun 2010-2019

NO	BULAN/ PERIODE	JAN		FEB		MAR		APR		MEI		JUNI		JULI		AGS		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
	TAHUN																								
1	2010	6,092	3,758	8,974	4,381	6,001	5,543	2,853	3,699	2,692	5,880	1,795	1,677	3,241	2,513	0,383	2,778	4,903	4,050	3,916	7,329	3,816	4,325	5,306	3,556
2	2011	9,360	8,121	7,225	7,972	6,370	7,167	6,746	6,192	5,288	4,133	3,045	1,719	1,246	1,173	0,664	0,465	0,583	0,301	0,343	3,243	7,401	8,169	5,780	6,963
3	2012	5,621	2,806	2,136	2,872	2,780	1,428	3,867	1,733	2,140	1,175	0,809	0,522	0,365	0,261	0,180	0,129	0,089	0,062	0,842	1,900	1,222	2,892	3,010	2,827
4	2013	12,964	9,350	6,933	6,126	5,499	4,451	4,471	4,299	3,101	3,971	3,982	3,963	6,301	2,300	1,562	1,147	0,810	0,589	0,394	2,336	2,868	3,017	3,791	8,974
5	2014	11,746	6,269	5,398	4,817	4,184	3,424	5,026	3,949	4,218	3,120	1,610	5,099	3,817	1,938	2,004	1,025	0,717	0,519	0,484	5,579	5,288	8,671	7,016	11,592
6	2015	4,722	7,426	5,668	3,953	9,653	7,948	6,968	7,382	4,734	3,057	2,531	1,467	1,060	0,726	0,508	0,356	0,249	0,191	0,126	0,159	3,883	8,883	8,223	5,488
7	2016	5,326	4,311	7,661	6,414	4,536	5,522	5,162	5,293	5,926	4,856	5,280	4,708	3,150	3,064	2,652	2,498	2,323	4,507	3,995	7,624	9,182	10,916	8,197	7,197
8	2017	6,995	9,239	7,180	6,475	5,494	6,635	5,792	6,275	3,935	2,978	2,356	2,673	1,326	1,368	0,920	0,567	0,459	4,035	3,469	7,184	5,206	5,289	3,854	6,766
9	2018	19,473	7,389	7,688	4,786	4,666	4,856	3,188	4,855	0,182	2,776	1,109	1,509	0,704	0,587	0,472	0,424	0,776	-0,082	0,195	0,561	8,340	-1,441	6,532	0,111
10	2019	2,720	9,171	7,264	6,111	4,664	9,768	4,196	4,003	4,090	1,931	1,393	1,008	0,678	0,536	0,346	0,308	0,184	0,220	0,127	0,081	3,634	1,426	4,363	2,589

Tabel 4. Debit Inflow Bangkitan Tahun 2020-2029

NO	BULAN/ PERIODE	JAN		FEB		MAR		APR		MEI		JUNI		JULI		AGS		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
	TAHUN																								
1	2020	14,083	1,995	8,078	9,264	6,829	5,618	3,947	2,591	4,329	4,531	1,776	3,689	2,018	0,102	0,059	1,117	-0,36	0,835	0,208	3,799	-0,225	3,441	-1,502	5,662
2	2021	2,682	9,896	4,715	3,355	8,802	6,041	5,027	4,547	-0,228	4,154	1,438	3,872	5,195	1,026	0,266	1,298	0,925	0	0,398	4,844	4,261	0	2,341	8,036
3	2022	7,682	7,121	8,494	5,459	3,8	6,012	4,024	3,769	2,799	2,404	2,804	3,858	6,126	2,986	-0,35	1,004	1,961	1,095	0	6,411	6,88	3,79	2,057	9,997
4	2023	11,505	4,065	6,467	4,416	5,783	5,609	5,563	4,439	2,348	2,506	3,711	3,714	3,757	4,147	1,983	0,593	2,633	2,546	0,748	6,887	9,683	9,861	-0,374	1,23
5	2024	10,918	6,258	7,008	6,081	2,321	5,252	6,02	5,131	3,094	2,848	3,383	3,766	3,792	2,023	3,463	1,811	2,413	3,212	2,621	0	8,679	6,961	5,786	2,531
6	2025	10,914	6,479	5,608	4,868	6,115	5,033	6,171	7,163	2,521	4,117	3,813	1,948	3,722	1,583	0,202	3,066	0,516	3,333	0,669	2,305	2,899	9,164	6,885	8,788
7	2026	5,134	6,072	6,494	4,84	6,617	6,091	5,932	7,614	5,432	5,184	0,306	3,099	1,009	2,204	1,57	1,096	5,277	0,739	2,56	4,523	3,783	0	5,562	6,917
8	2027	5,229	5,677	8,982	6,768	5,952	8,309	3,995	5,729	2,589	1,576	1,71	1,177	2,52	0,316	0,854	0,758	1,164	5,666	0,647	1,747	8,068	5,226	3,57	1,834
9	2028	9,835	3,644	4,255	5,17	6,523	5,911	5,451	3,891	3,387	2,558	2,858	3,323	0	1,478	0,659	0,529	0,951	2,077	4,525	4,994	5,252	5,212	7,273	5,496
10	2029	14,824	7,166	4,573	3,58	6,048	6,27	4,295	4,874	2,941	2,63	3,792	3,983	2,868	0,307	1,886	0,397	2,206	1,76	1,26	8,531	8,264	3,694	8,375	6,344

e) Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Secara umum analisis kebutuhan air dalam perencanaan dan pengoperasian Waduk Sempor merupakan analisis untuk mengetahui jumlah kebutuhan air irigasi. Kebutuhan air irigasi ditentukan dari pola tanam eksisting dan luas area irigasi di Kecamatan Sempor, Gombong, Rowokele, Kuwarasan, dan Karangayar.

Perhitungan kebutuhan irigasi dilakukan berdasarkan data pola tata tanam eksisting, analisis evapotranspirasi per setengah bulanan, nilai perkolasi yang disesuaikan dengan kondisi lahan dan data curah hujan efektif.

Berdasarkan survei pendahuluan yang dilakukan di lokasi Waduk Sempor, ada beberapa kondisi/aspek pemanfaatan irigasi yang harus diketahui sebelum merencanakan pengoptimasian Waduk Sempor antara lain sebagai berikut :

1. Pola tanam selama 2 musim tanam yaitu dengan model pola tanam padi-palawija.
2. Luas area tanam eksisting sebesar 17.800 ha.

Tabel 5. Kebutuhan Air Irigasi Pola Tanam Eksisting

Bulan	Periode	Eto	Re Padi	Re Palawija	P	WLR	Area Tanam	Koefisien Tanam			Etc	NFR		e	DR	Total Keb. Air irigasi di	Total Keb. Air
		mm/hari	mm/hari	mm/hari	mm/hari	mm/hari	mm/hari	ha	Kc 1	Kc 2	Kc	mm/hari	mm/hari	l/dt/ha		lt/dt/ha	(lt/dt)
DES	I	5,578	7,656	14,118	3	0	6485	LP	0,00	LP	13,477	8,821	1,019	0,65	1,567	10164,912	10,165
	II	5,578	11,158	14,780	3	0	6485	LP	LP	LP	13,477	5,319	0,614	0,65	0,945	6128,826	6,129
JAN	I	5,199	10,721	9,253	3	1,61	6485	1,10	LP	LP	13,477	7,369	0,851	0,65	1,309	8491,461	8,491
	II	5,199	13,755	9,431	3	1,61	6485	1,10	1,10	1,10	5,719	-3,423	-0,395	0,65	-0,608	-3944,207	-3,944
FEB	I	5,474	11,678	7,384	3	1,79	6485	1,05	1,10	1,08	5,885	-1,008	-0,116	0,65	-0,179	-1161,479	-1,161
	II	5,474	10,241	5,073	3	1,79	6485	1,05	1,05	1,05	5,748	0,293	0,034	0,65	0,052	337,420	0,337
MAR	I	5,558	7,906	13,085	3	0	6485	0,95	1,05	1,00	5,558	0,000	0,000	0,65	0,000	0,000	0,000
	II	5,558	10,660	8,089	3	0	6485	0,00	0,95	0,48	2,640	-5,020	-0,580	0,65	-0,892	-5784,432	-5,784
APR	I	4,556	8,518	9,796	3	0	6485	LP	0,00	LP	12,971	6,175	0,713	0,65	1,097	7115,660	7,116
	II	4,556	3,840	8,901	3	0	6485	0,50	LP	LP	12,971	7,070	0,817	0,65	1,256	8147,022	8,147
MEI	I	4,433	10,554	8,811	3	0	6485	0,59	0,50	0,55	2,416	-3,395	-0,392	0,65	-0,603	-3912,620	-3,913
	II	4,433	2,172	2,415	3	0	6485	0,96	0,59	0,78	3,436	4,021	0,464	0,65	0,714	4633,048	4,633
JUNI	I	4,251	1,478	0,976	3	0	6485	1,05	0,96	1,01	4,272	6,297	0,727	0,65	1,119	7255,888	7,256
	II	4,251	3,163	5,621	3	0	6485	1,02	1,05	1,04	4,400	1,779	0,205	0,65	0,316	2049,490	2,049
JULI	I	4,776	0,262	3,083	3	0	6485	0,95	1,02	0,99	4,704	4,621	0,534	0,65	0,821	5325,042	5,325
	II	4,776	0,999	0,395	3	0	6485	0,00	0,95	0,48	2,269	4,874	0,563	0,65	0,866	5615,949	5,616
AGS	I	7,283	0,442	1,111	3	0	6485	LP	0,00	LP	14,786	16,675	1,926	0,65	2,963	19215,265	19,215
	II	7,283	0,107	0,000	3	0	6485	0,50	LP	LP	14,786	17,786	2,054	0,65	3,160	20495,129	20,495
SEP	I	9,568	0,539	0,000	3	0	6485	0,54	0,50	0,52	4,975	7,975	0,921	0,65	1,417	9190,283	9,190
	II	9,568	8,232	0,047	3	0	6485	0,69	0,54	0,62	5,884	8,838	1,021	0,65	1,570	10183,930	10,184
OKT	I	10,074	5,334	0,181	3	0	6485	0,69	0,69	0,69	6,951	9,770	1,128	0,65	1,736	11258,839	11,259
	II	10,074	12,374	7,080	3	0	6485	0,90	0,69	0,80	8,009	3,929	0,454	0,65	0,698	4527,258	4,527
NOV	I	6,000	11,847	10,858	3	0	6485	0,95	0,90	0,93	5,550	-2,308	-0,267	0,65	-0,410	-2659,473	-2,659
	II	6,000	8,314	20,845	3	0	6485	0,00	0,95	0,48	2,850	-14,995	-1,732	0,65	-2,665	-17279,603	-17,280

f) Simulasi Operasi Waduk

Simulasi pada waduk bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan waduk dalam memenuhi keperluan air yang berdasarkan pada ketersediaan air dan jumlah air yang akan dikeluarkan dari waduk yaitu untuk irigasi . Setelah diperoleh debit inflow yang berupa bangkitan dari debit yang didapat dari data hujan dan debit outflow yang berupa data debit kebutuhan air irigasi pada bab sebelumnya, maka tahap analisis berikutnya adalah melakukan simulasi pola operasi berdasarkan kondisi waduk. Simulasi pola operasi waduk ini dilakukan untuk 10 tahun yang akan datang, sehingga simulasi dilakukan dari tahun 2020- 2029. Dari hasil simulasi akan diketahui tingkat

keandalan waduk untuk 10 tahun yang akan datang, sehingga simulasi dilakukan dari tahun 2020-2029. Pada Tabel 6 di bawah ini memperhitungkan jumlah air yang masuk ke suatu sistem tampungan (inflow) dikurangi dengan jumlah air yang keluar dari suatu sistem (outflow) tersebut, dengan syarat kondisi air pada tampungan waduk yang tersimpan tidak boleh habis. Tabel 6 merupakan perhitungan Water Balance Waduk Sempor 15 harian Tahun 2020 (tahun ke 1) dengan kondisi jumlah air yang digunakan merupakan volume efektif eksisting waduk sebesar 27,570 juta m3 dengan (inflow) merupakan debit bangkitan metode Thomas-Fiering, untuk kebutuhan (outflow) kebutuhan air irigasi.

Tabel 6. Perhitungan Water Balance Waduk Malahayu Tahun ke 1

BULAN	PERIODE	JUMLAH HARI	INFLOW		OUTFLOW				TOTAL OUTFLOW	I-O	DEFISIT	EXCESS	TAMPUNGAN	KONDISI TAMPUNGAN	SPILL OUT
			DEBIT HUJAN		KEB IRIGASI		EVAPORASI								
			m ³ /dt	juta m ³	m ³ /dt	juta m ³	mm/hr	juta m ³							
DES	I	15	-1,502	-1,947	10,165	13,174	2,030	0,072	13,246	-15,193	-15,193	-	12,377	CUKUP	-
	II	16	5,662	7,827	6,129	8,472	2,030	0,077	8,549	-0,722	-0,722	-	26,848	CUKUP	-
JAN	I	15	14,083	18,251	8,491	11,005	1,657	0,059	11,064	7,187	-	7,187	27,570	PENUH	7,187
	II	16	1,995	2,757	-3,944	-5,452	1,657	0,063	-5,390	8,147	-	8,147	27,570	PENUH	8,147
FEB	I	14	8,078	9,771	-1,161	-1,405	1,500	0,050	-1,355	11,126	-	11,126	27,570	PENUH	11,126
	II	14	9,264	11,206	0,337	0,408	1,500	0,050	0,458	10,748	-	10,748	27,570	PENUH	10,748
MAR	I	15	6,829	8,850	0,000	0,000	1,680	0,060	0,060	8,790	-	8,790	27,570	PENUH	8,790
	II	16	5,618	7,766	-5,784	-7,996	1,680	0,064	-7,933	15,699	-	15,699	27,570	PENUH	15,699
APR	I	15	3,947	5,115	7,116	9,222	1,808	0,064	9,286	-4,171	-4,171	-	23,399	CUKUP	-
	II	15	2,591	3,358	8,147	10,559	1,808	0,064	10,623	-7,265	-7,265	-	20,305	CUKUP	-
MEI	I	15	4,329	5,611	-3,913	-5,071	2,089	0,074	-4,996	10,607	-	10,607	27,570	PENUH	10,607
	II	16	4,531	6,264	4,633	6,405	2,089	0,079	6,484	-0,220	-0,220	-	27,350	CUKUP	-
JUNI	I	15	1,776	2,301	7,256	9,404	2,262	0,080	9,484	-7,183	-7,183	-	20,387	CUKUP	-
	II	15	3,689	4,781	2,049	2,656	2,262	0,080	2,737	2,044	-	2,044	27,570	PENUH	2,044
JULI	I	15	2,018	2,615	5,325	6,901	2,420	0,086	6,987	-4,372	-4,372	-	23,198	CUKUP	-
	II	16	0,102	0,141	5,616	7,763	2,420	0,092	7,855	-7,714	-7,714	-	19,856	CUKUP	-
AGS	I	15	0,059	0,077	19,215	24,903	2,851	0,101	25,004	-24,927	-24,927	-	2,643	CUKUP	-
	II	16	1,117	1,544	20,495	28,332	2,851	0,108	28,441	-26,897	-26,897	-	0,673	CUKUP	-
SEP	I	15	-0,360	-0,467	9,190	11,911	8,295	0,295	12,206	-12,672	-12,672	-	14,898	CUKUP	-
	II	15	0,835	1,082	10,184	13,198	8,295	0,295	13,493	-12,411	-12,411	-	15,159	CUKUP	-
OKT	I	15	0,208	0,269	11,259	14,591	3,205	0,114	14,705	-14,436	-14,436	-	13,134	CUKUP	-
	II	16	3,799	5,252	4,527	6,258	3,205	0,122	6,380	-1,128	-1,128	-	26,442	CUKUP	-
NOV	I	15	-0,225	-0,292	-2,659	-3,447	2,580	0,092	-3,355	3,063	-	3,063	27,570	PENUH	3,063
	II	15	3,441	4,459	-17,280	-22,394	2,580	0,092	-22,303	26,762	-	26,762	27,570	PENUH	26,762

g) Solusi Optimasi Waduk Sempor

Berdasarkan hasil evaluasi keandalan Waduk Sempor dengan persentase periode terlayani sebesar 80,91 %, maka perlu adanya optimasi terkait peningkatan pemakaian air Waduk Sempor. Adapun solusi optimasi yang telah ditentukan yaitu menambah kebutuhan air irigasi dengan cara menambah luas area tanam padi dan palawija sebesar 50%.

Tabel 7. Perhitungan Analisis Water Balance Waduk Tahun ke-1 dengan Optimasi Penambahan Outflow Kebutuhan Air Irigasi

BULAN	PERIODE	JUMLAH HARI	INFLOW		OUTFLOW				TOTAL OUTFLOW	I-O	DEFISIT	EXCESS	TAMPUNGAN	KONDISI TAMPUNGAN	SPILL OUT
			DEBIT HUJAN		KEB IRIGASI		EVAPORASI								
			m ³ /dt	juta m ³	m ³ /dt	juta m ³	mm/hr	juta m ³							
DES	I	15	0,842	1,091	23,190	30,054	2,030	0,072	30,126	-29,035	-29,035	-	-1,465	KURANG	-
	II	16	5,643	7,801	13,982	19,329	2,030	0,077	19,406	-11,605	-11,605	-	15,965	CUKUP	-
JAN	I	15	1475,000	1911,600	19,372	25,106	1,657	0,059	25,165	1886,435	-	1886,435	27,570	PENUH	1886,435
	II	16	2,818	3,896	-8,998	-12,439	1,657	0,063	-12,376	16,272	-	16,272	27,570	PENUH	16,272
FEB	I	14	5,639	6,821	-2,650	-3,205	1,500	0,050	-3,155	9,976	-	9,976	27,570	PENUH	9,976
	II	14	11,206	13,555	0,770	0,931	1,500	0,050	0,981	12,574	-	12,574	27,570	PENUH	12,574
MAR	I	15	7,282	9,438	0,000	0,000	1,680	0,060	0,060	9,378	-	9,378	27,570	PENUH	9,378
	II	16	5,943	8,216	-13,196	-18,243	1,680	0,064	-18,179	26,395	-	26,395	27,570	PENUH	26,395
APR	I	15	0,870	1,128	0,537	0,696	1,808	0,064	0,760	0,367	-	0,367	27,570	PENUH	0,367
	II	15	2,452	3,178	0,615	0,797	1,808	0,064	0,861	2,316	-	2,316	27,570	PENUH	2,316
MEI	I	15	3,935	5,099	-0,295	-0,383	2,089	0,074	-0,309	5,408	-	5,408	27,570	PENUH	5,408
	II	16	4,375	6,047	0,350	0,483	2,089	0,079	0,563	5,485	-	5,485	27,570	PENUH	5,485
JUNI	I	15	2,018	2,615	0,548	0,710	2,262	0,080	0,790	1,824	-	1,824	27,570	PENUH	1,824
	II	15	3,081	3,993	0,155	0,201	2,262	0,080	0,281	3,712	-	3,712	27,570	PENUH	3,712
JULI	I	15	1,598	2,071	0,402	0,521	2,420	0,086	0,607	1,464	-	1,464	27,570	PENUH	1,464
	II	16	0,486	0,672	0,424	0,586	2,420	0,092	0,678	-0,005	-0,005	-	27,565	CUKUP	-
AGS	I	15	0,413	0,535	8,067	10,455	2,851	0,101	10,556	-10,022	-10,022	-	17,548	CUKUP	-
	II	16	0,687	0,949	8,604	11,895	2,851	0,108	12,003	-11,054	-11,054	-	16,516	CUKUP	-
SEP	I	15	0,148	0,192	3,858	5,000	8,295	0,295	5,295	-5,103	-5,103	-	22,467	CUKUP	-
	II	15	0,679	0,881	4,276	5,541	8,295	0,295	5,836	-4,956	-4,956	-	22,614	CUKUP	-
OKT	I	15	0,160	0,207	4,727	6,126	3,205	0,114	6,240	-6,033	-6,033	-	21,537	CUKUP	-
	II	16	1,174	1,623	1,901	2,627	3,205	0,122	2,749	-1,127	-1,127	-	26,443	CUKUP	-
NOV	I	15	0,568	0,736	-1,117	-1,447	2,580	0,092	-1,355	2,091	-	2,091	27,570	PENUH	2,091
	II	15	0,165	0,213	-7,254	-9,402	2,580	0,092	-9,310	9,524	-	9,524	27,570	PENUH	9,524

h) Pembahasan Hasil Simulasi Waduk

Berdasarkan hasil perhitungan dari segi pemenuhan atau ketersediaan air ditampungan Waduk Sempor dapat dilihat bahwa optimasi penambahan kebutuhan air irigasi dengan cara menambah luas area tanam padi dan palawija, maka tampungan waduk tingkat keandalannya akan menurun sebesar 1,25 %, dimana nilai tersebut masih dibawah dari kegagalan periode maksimal, sebesar 20%. Kondisi tampungan kurang itu menunjukkan nilai tampungan waduk minus atau dibawah nol, sedangkan untuk kondisi tampungan cukup nilai tampungan waduk diatas nol atau kurang sama dengan nilai tampungan efektif dan untuk kondisi tampungan penuh nilai tampungan waduk sama dengan tampungan efektif.

Dengan hasil simulasi dengan solusi penambahan outflow, yaitu menambah luas area tanam padi dan palawija hasilnya lebih efektif dibandingkan dengan hasil simulasi awal dimana fluktuasinya menunjukkan 80,91% keandalan waduk tersedia untuk 10 tahun yang akan datang, sehingga, fungsi waduk dapat lebih optimal dalam pemanfaatan airnya. Akan tetapi hal tersebut tidak dapat disimpulkan secara langsung begitu sajabanyak aspek yang harus dikaji lebih dalam mengingat kondisi eksisting yang dinamis dan metode perhitungan yang terbatas dalam penentuan keandalan pola operasi waduk.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan terkait perencanaan pengoptimasian Waduk Sempor untuk kebutuhan air irigasi sebagai berikut :

- a) Dari perhitungan bangkitan debit tersedia FJ Mock (inflow) selama tahun 2020- 2029 (Tahun ke-1 - 10), didapatkan nilai debit tersedia terbesar 14,083 m³/detik dan debit tersedia terkecil adalah 0,000 m³/detik.
- b) Dari perhitungan kebutuhan air irigasi berdasarkan pola tanam eksisting didapatkan besar kebutuhan air irigasi maksimum untuk pola tanam eksisting (padi dan palawija) sebesar 20495,129 liter/detik, sedangkan kebutuhan air irigasi minimum untuk pola tanam eksisting (padi dan palawija) sebesar 0 liter/detik.
- c) Dari analisis simulasi pola pengoperasian Waduk Sempor dengan optimasi beberapa opsi penambahan luas area tanam padi dan palawija sebesar 50% selama tahun 2020- 2029 (Tahun ke-1 - 10) air waduk masih bisa digunakan untuk penambahan luas area tanam dengan rasio tingkat pelayanan atau pemenuhan kebutuhan air 15 harian untuk 10 tahun yang akan datang keandalan waduk mencapai sebesar 98,75 %. Sehingga, analisis simulasi pola pengoperasian waduk untuk 10 tahun yang akan datang masih dapat diandalkan fungsinya hingga tahun 2029.

2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Apabila hasil optimasi pada tugas akhir ini akan diterapkan pada wilayah studi, maka perlu dilakukan tinjauan ulang dengan jangka waktu lebih lama terkait simulasi operasi waduk.
- b) Bagi pihak lain yang berminat mendalami subjek ini dapat memperhitungkan debit inflow waduk dari perhitungan lain.
- c) Perlu ada tinjauan mengenai masalah sedimentasi di waduk karena dikhawatirkan dapat berdampak terhadap pemanfaatan air dari Waduk Sempor.

- d) Perlu adanya program pemanfaatan air waduk untuk pola tata tanam, industri, dan keperluan rumah tangga.
- e) Pengolahan SDA di Waduk Sempor dengan menguatkan pola tata tanah atau melimpahkan jaringan Irigasi dihilir

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina Pagatiku. 2017. *Studi Pola Operasi Waduk Karalloe Dengan Menggunakan Program Linier*. Malang: Universitas Brawijaya.
- I Putu Aldy Pradana Elsaputra. 2018. *Studi Alternatif Perencanaan Pola Operasi dan Alokasi Air Waduk Titab*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Nando Prapanca Wonarto, Widandi Soetopo & Suwanto Marsudi. 2016. *Studi Optimasi Operasi Waduk Dengan Metode Algoritma Genetik Pada Waduk Cileuweung Kabupaten Kuningan Jawa Barat*. Malang: Universitas Brawijaya. Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak Yogyakarta. 2021. *Data Curah Hujan Waduk Sempor*.
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak Yogyakarta. 2021. *Data Klimatologi Waduk Sempor*.
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak Yogyakarta. 2021. *Data Teknis Waduk Sempor*.
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak Yogyakarta. 2021. *Data Peta Irigasi Waduk Sempor*.
- Unit Pelaksana Teknis (UPT) Waduk Sempor. 2021. *Data Pola Tanam Waduk Sempor*.
- Sagina, Muhammad, 2020, *Studi Optimasi Pola Pengoprasian Waduk Malahayu di Kabupaten Brebes untuk kebutuhan Irigasi*. Fakultas Teknik Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta
- Saefudin dan Heri Nalanta, 2020, *Analisis Pemanfaatan Waduk Wadaslintang Terhadap Ketersediaan Air Waduk Wadaslintang*, Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto, Purwokerto
- Kusumawati, Elvina dan Rena Ning Tyas, 2020, *Analisis Tampungan Waduk Song Putri Terhadap Laju Pengendapan Laju Sedimentasi Dengan Pendekatan Model Matematik*, Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto, Purwokerto.