

Optimasi Pengelolaan Air Bendung Cawak Untuk Daerah Irigasi Cawak Dengan Program Solver

(Studi kasus : Kemanteren Nglumber_Kecamatan Kepohbaru_Kabupaten Bojonegoro)

Bayu Aji Dwi Saputro

Fakultas Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No.45 Surabaya 60118

E-mail: Sipil@untag-sby.ac.id

Abstrak

Bendung Cawak terletak di Kecamatan Kepohbaru, Kabupaten Bojonegoro. Layanan Bendung Cawak dipergunakan untuk keperluan irigasi di Daerah Irigasi Cawak Kecamatan Kepohbaru, ketersediaan air yang tidak mencukupi sedangkan banyaknya lahan yang membutuhkan air, sehingga Optimasi Bendung Cawak sangat diperlukan agar air tampungan Bendung dapat dioptimalkan sesuai dengan kebutuhan.

Pada studi ini, untuk memaksimalkan luas lahan irigasi dilakukan optimasi luas lahan irigasi. Dalam model optimasi yang digunakan adalah optimasi satu tahunan selama 1 tahun dengan memperhitungkan luas lahan irigasi yang tersedia, luas lahan irigasi yang terpenuhi, besarnya ketersediaan debit air maksimal, dan kebutuhan air irigasi yang dipenuhi. Metode optimasi yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu Program Solver.

Hasil yang diperoleh debit andalan yang tersedia di tampungan bendung cawak adalah 2,547 m³/detik. kebutuhan air irigasi dengan pola tanam Palawija-Padi-Padi awal tanam Agustus I itu sebesar 0,579 lt/dtk/ha sebagai rencana tanam dengan kebutuhan air paling minimum. Serta optimasi didapatkan pola tanam dan awal tanam yang paling optimum adalah Agustus I dengan pola tanam Palawija-Padi-Padi intensitas tanam 291% dan dengan luas areal irigasi MT I 675 ha, MT II 742 ha, MT III 742 ha.

Kata kunci: Debit Andalan, Kebutuhan Air Irigasi, Optimalisasi.

Abstract

Bendung Cawak is located in the District of Kepohbaru, Bojonegoro. Bendung Cawak is used for irrigation and water supplies of Kepohbaru, water availability is insufficient, while the amount of land and also residents who need water, so Optimization Bendung Cawak is necessary for the water pitcher bendung can be optimized according to the needs.

In this study, to maximize the area of land irrigated area to be optimized. In the optimization model used is the optimization of the monthly for 1 year by calculating the area of irrigated land available, land irrigation is met, the greater availability of water and irrigation needs are met. Optimization method used in this calculation is Program Solver.

The results obtained by the reliable discharge available in the Cawak dam reservoir are 2.547 m³ / second. The need for irrigation water with the cropping pattern of Palawija-Padi-Padi at the beginning of planting in August I is 0.579 l / sec / ha as a planting plan with the minimum water requirements. As well as optimization, the optimum cropping pattern and initial planting are August I with the Palawija-Padi-Padi planting intensity 291% and with irrigation area MT I 675 ha, MT II 742 ha, MT III 742 ha.

Keywords: Mainstay Discharge, Water Supplies Irrigation, Optimazion.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara kuantitas, permasalahan kekurangan air adalah persoalan ketidaksesuaian distribusi air antara kebutuhan dan pasokan menurut waktu (temporal) dan tempat (spatial). Potensi ketersediaan air disaat musim penghujan dari Sungai Cawak cukup melimpah, tetapi karena tampungan bendung cawak masih relatif kecil sehingga masih banyak air yang terbuang dan tidak bisa dimanfaatkan secara optimal. Untuk itu perlu adanya pengoptimalan prasarana dasar dan sarana bidang sumber daya air seperti embung/bendung yang ada di Desa Simorejo Kecamatan Kepohbaru.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Bertujuan menganalisis besar ketersediaan debit air Bendung Cawak untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, menganalisis pola tanam dan awal tanam yang sesuai, serta menganalisis hasil maksimum(optimasi) Bendung Cawak yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan air baku irigasi pada daerah layanan Sungai Cawak Kemantren Nglumber.

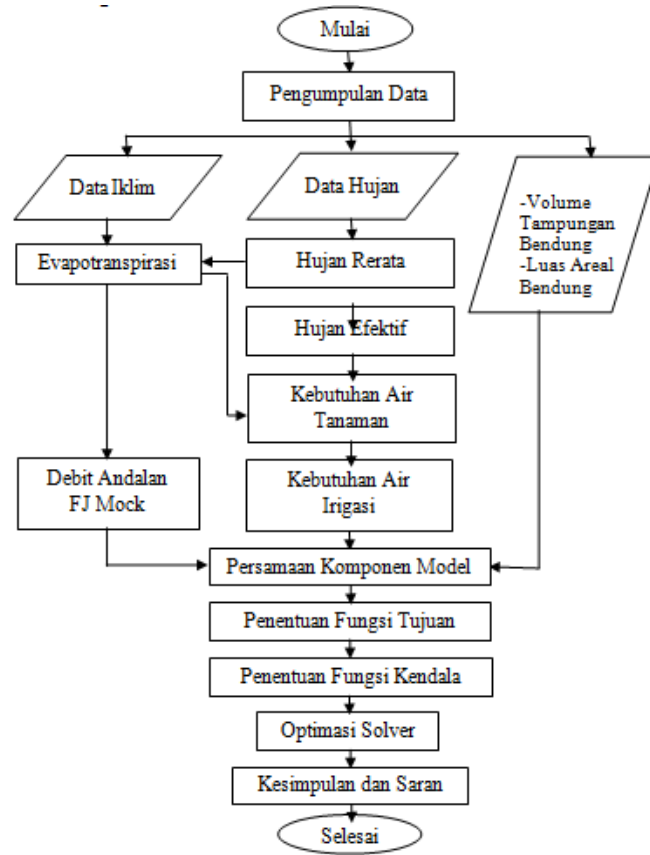
Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat memberikan tambahan pengetahuan bagi mahasiswa tentang optimasi pengelolaan air bendung untuk irigasi. Sebagai masukan kepada pihak terkait dalam hal mengoptimalkan pengelolaan air Bendung cawak untuk air irigasi di Kecamatan Kepohbaru Kemantren Nglumber.

1.3 Tinjauan Pustaka

Tisnawati (2010), melakukan analisa optimasi pemanfaatan sumber daya air Embung Batu Tulis di Kecamatan Jonggat Kabupaten Lombok Tengah. Dari hasil optimasi Embung Batu Tulis dengan debit keandalan 80% yang memberikan intensitas tanam paling maksimum adalah sistem pola tanam padi – kedelai 50 % + kacang tanah 50 % – kedelai dengan awal tanam Oktober I. Hasil intensitas tanam maksimum yang didapat dari perhitungan optimasi sebesar 218,84%[1]. Sudirja (2008), dalam analisisnya tentang Optimasi Pemanfaatan Sumber Daya Air Untuk Irigasi, Peternakan Dan Air Baku Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Reak menyebutkan bahwa besar suplai air yang mampu diberikan dalam satu tahun masing-masing sebesar 36.547.272,62 m³, 120.941,00 m³ dan 429.962,55 m³[2]. Mustari (2008), melakukan analisis Optimasi Pemanfaatan Sumber Daya Air Embung Bangka diperoleh kesimpulan bahwa suplai air yang mampu diberikan untuk irigasi, peternakan dan air baku dalam satu tahun masing-masing pada Bendung Otak Dese sebesar 6.365,68 m³, Bendung Renggunng sebesar 31.880,11 m³ dan Embung Bangka sebesar 6.643,48 m³. Serta mampu mensuplai air kehilir sebesar 16.498,08 m³[3].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir



2.2 Penjelasan

Pengumpulan data dapat diperoleh dari observasi langsung di lapangan dan dapat juga diperoleh dari instansi-instansi terkait. Secara umum data dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu data primer dan data sekunder. Data hujan untuk mencari curah hujan rata-rata dan curah hujan efektif, setelah itu dilanjutkan menghitung kebutuhan air dan debit andalan yang juga dibutuhkan perhitungan Evapotranspirasi dari Data Iklim. Dilanjutkan ke model optimasi Program Solver dengan memasukkan data Bendung Cawak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

Dalam penelitian ini perolehan data curah hujan rata-rata dilakukan dengan menggunakan metode Aritmatik(aljabar) dengan data hujan 10 tahun terakhir dan diperoleh hasil seperti tercantum di **Tabel 3.1** :

Tabel 3.1 Data Curah Hujan Rata-rata

no	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	2010	315.3	208.3	246.3	220.3	292.3	90.3	85.3	54.3	166.0	144.7	137.0	242.7
2	2011	129.7	193.0	255.3	180.0	219.3	27.7	26.7	0.0	34.0	16.7	276.0	348.3
3	2012	232.7	260.7	114.3	54.0	32.3	48.7	0.0	0.0	0.0	38.0	173.0	218.7
4	2013	411.3	142.0	271.0	157.3	75.3	63.3	78.7	0.0	11.7	41.7	165.7	314.0
5	2014	117.7	204.0	246.7	198.3	41.0	2.0	6.7	6.7	0.0	13.3	78.3	340.3
6	2015	265.0	321.7	235.0	264.3	47.3	59.3	0.0	0.0	0.0	3.0	112.3	305.0
7	2016	152.7	305.0	99.7	197.7	90.3	169.7	36.3	41.7	62.0	152.0	295.0	158.3
8	2017	355.0	149.7	231.3	277.7	86.7	83.3	69.3	0.0	72.0	169.7	216.3	277.0
9	2018	151.0	225.0	213.7	73.7	21.3	56.3	0.0	0.0	0.0	37.7	107.0	314.0
10	2019	218.0	149.0	215.0	262.0	215.0	0.0	3.7	0.0	87.0	28.3	114.7	138.7
	Rata-rata	234.8	215.8	212.8	188.5	112.1	60.1	30.7	10.3	43.3	64.5	167.5	265.7
	Max	411.3	321.7	271.0	277.7	292.3	169.7	85.3	54.3	166.0	169.7	295.0	348.3

3.2 Analisis Curah Hujan Efektif

Setelah menentukan rerata curah hujan, langkah selanjutnya adalah pembuatan ranking curah hujan untuk mengetahui R50 dan R80 sebagai dasar perhitungan curah hujan efektif seperti pada **Tabel 3.2** :

Tabel 3.2 Curah Hujan Efektif(metode Basic Month)

Nomor Urut	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Prob
1	315.3	208.3	246.3	220.3	292.3	90.3	85.3	54.3	166.0	144.7	137.0	242.7	10%
2	355.0	149.7	231.3	277.7	86.7	83.3	69.3	0.0	72.0	169.7	216.3	277.0	20%
3	152.7	305.0	99.7	197.7	90.3	169.7	36.3	41.7	62.0	152.0	295.0	158.3	30%
4	411.3	142.0	271.0	157.3	75.3	63.3	78.7	0.0	11.7	41.7	165.7	314.0	40%
5	129.7	193.0	255.3	180.0	219.3	27.7	26.7	0.0	34.0	16.7	276.0	348.3	50%
6	265.0	321.7	235.0	264.3	47.3	59.3	0.0	0.0	0.0	3.0	112.3	305.0	60%
7	218.0	149.0	215.0	262.0	215.0	0.0	3.7	0.0	87.0	28.3	114.7	138.7	70%
8	117.7	204.0	246.7	198.3	41.0	2.0	6.7	6.7	0.0	13.3	78.3	340.3	80%
9	151.0	225.0	213.7	73.7	21.3	56.3	0.0	0.0	0.0	37.7	107.0	314.0	90%
10	218.0	149.0	215.0	262.0	215.0	0.0	3.7	0.0	87.0	28.3	114.7	138.7	100%
R-50	322.3	398.0	302.7	125.0	96.0	21.7	7.0	1.3	1.3	79.3	170.0	524.7	
R-80	299.4	367.4	160.4	205.0	106.4	58.0	26.0	13.4	14.0	17.0	168.8	235.4	
R-eff Palawija (mm/hari)	10.74	13.27	10.09	4.17	3.20	0.72	0.23	0.04	0.04	2.64	5.67	17.49	
R-eff Padi (mm/hari)	13.97	17.15	7.48	9.57	4.97	2.71	1.21	0.63	0.65	0.79	7.88	10.99	

3.3 Analisis Evapotranspirasi

Besarnya evapotranspirasi biasanya dihitung dengan menggunakan metode Penman (Modifikasi FAO) dengan memasukkan data-data iklim yang sudah ada seperti pada **Tabel 3.3** :

Tabel 3.3 Evapotranspirasi Metode Penman

No	Besaran	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	Temperatur (°C)	24.0	24.0	24.0	24.3	24.5	24.0	24.0	24.0	24.7	25.2	24.6	24.0
2	Kec.Angin,U (Knots)	3.78	3.52	2.72	2.70	2.99	2.67	2.91	3.03	3.33	3.05	2.74	2.47
3	Kec.Angin,U (km/hari)	168.2	156.5	120.8	119.9	132.9	118.8	129.1	134.7	148.1	135.6	121.6	109.6
4	f(U)=0.27(1+U/100)	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
5	Penyinaran Matahari,n/N	12.34	12.14	17.11	25.40	28.46	25.31	28.39	31.13	29.86	25.17	16.06	12.67
6	RH,(%)	90.68	92.24	91.32	90.30	85.81	85.61	81.00	78.48	77.34	78.05	84.36	87.83
7	ea (mbar)	29.80	29.80	29.80	30.39	30.76	29.80	29.80	29.80	31.13	32.06	30.94	29.80
8	ed=eaRH/100	27.02	27.49	27.21	27.44	26.40	25.51	24.14	23.39	24.08	25.02	26.10	26.17
9	ea-ed	2.78	2.31	2.59	2.95	4.36	4.29	5.66	6.41	7.05	7.04	4.84	3.63
10	W	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.75	0.74	0.74
11	1-W	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.26	0.26
12	Ra	16.283	16.161	15.439	14.217	12.917	12.156	12.456	13.517	14.839	15.861	16.122	16.183
13	X	16.354	16.185	15.415	14.146	12.846	12.061	12.361	13.446	14.815	15.885	16.170	16.254
14	Rs=(0,25+0,5n/N)X	5.098	5.028	5.173	5.333	5.040	4.542	4.845	5.454	5.916	5.970	5.341	5.093
15	Rns=(1-a)Rs ; a=0,25	3.823	3.771	3.880	4.000	3.780	3.406	3.634	4.091	4.437	4.478	4.006	3.820
16	f(T)	15.40	15.40	15.40	15.48	15.53	15.40	15.40	15.40	15.58	15.70	15.55	15.40
17	f(ed)=0,34-0,044ved	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11
18	f(n/N)=0,1+0,9n/N	0.21	0.21	0.25	0.33	0.36	0.33	0.36	0.38	0.37	0.33	0.24	0.21
19	Rn1=f(T) f(ed) f(n/N)	0.36	0.35	0.43	0.56	0.63	0.59	0.68	0.74	0.71	0.61	0.44	0.38
20	Rn=Rns-Rn1	3.461	3.419	3.448	3.443	3.149	2.812	2.956	3.346	3.724	3.863	3.568	3.441
21	C (konstanta)	1.1	1.1	1	0.9	0.9	0.9	0.9	1	1.1	1.1	1.1	1.1
22	Eto=C(W.Rn+(1-W)(ea-ed) f(U))	3.040	2.968	2.738	2.484	2.382	2.151	2.337	2.940	3.594	3.726	3.288	3.088
23	ET (mm/bulan)	48.64	47.49	43.80	39.75	38.10	34.41	37.39	47.04	57.51	59.61	52.61	49.41

3.4 Analisis Debit Andalan

Analisis ini untuk mendapatkan debit andalan sungai, maka nilai debit yang dianalisis adalah salah satunya dengan metode Mock dengan aturan menurut tahun pengamatan yang diperoleh harus diurut dari yang terbesar sampai yang terkecil dilanjut dengan perhitungan Probabilitas dengan Hasil pada **Tabel 3.4** :

Tabel 3.4 Debit Andalan

Bulan	2014	
	m3/bln	m3/dtk
Jan	624200.0	0.233
Feb	1082182.5	0.447
Mar	1308521.3	0.489
Apr	1052121.8	0.406
Mei	217497.5	0.081
Jun	10609.6	0.004
Jul	35365.4	0.013
Aug	35365.4	0.013
Sep	0.0	0.000
Okt	70730.9	0.026
Nov	415543.9	0.160
Des	1805405.7	0.674
Total		2.547

3.5 Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Sistem pola tata tanam sangat diperlukan untuk menentukan kebutuhan air irigasi. Perencanaan pola tanam yang digunakan adalah palawija-padi-padi awal tanam Agustus I, seperti pada **Tabel 3.5** :

Tabel 3.5 Perhitungan kebutuhan air Tanaman daerah irigasi Cawak Awal tanam Agustus 1 (palawija-padi-padi)

Musim Tanam	Bulan	Periode	Hari	Eo (mm/hari)	Eto (mm/hari)	P (mm/hari)	Re (mm/hari)	WLR (mm/hari)	PADI							
									Koesisien Tanaman				Etc (mm/hari)	Total Keb. Air (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (lt/dt/ha)
									c1	c2	c3	c				
Palawija	Ags	1	15	3.234	2.337	2.00	0.04		0.59	0.50		0.55	1.273	3.273	3.233	0.243
		2	16	3.953	2.940	2.00	0.04		0.96	0.59	0.50	0.68	2.009	4.009	3.969	0.299
	Sep	1	15	3.953	3.594	2.00	0.04		1.05	0.96	0.59	0.87	3.115	5.115	5.075	0.382
		2	15	4.098	3.594	2.00	0.04		1.02	1.05	0.96	1.01	3.630	5.630	5.590	0.421
	Okt	1	15	4.098	3.726	2.00	2.64		0.95	1.02	1.05	1.01	3.750	5.750	3.110	0.234
		2	16	3.617	3.726	2.00	2.64			0.95	1.02	0.99	3.670	5.670	3.030	0.228
Nov	1	15	3.617	3.288	2.00	5.67				0.95	0.95	3.124	5.124	-0.546	-0.041	
	2	15	3.397	3.288	2.00	7.88		LP	LP	LP	LP		5.397	-2.483	-0.187	
Padi 1	Des	1	15	3.397	3.088	2.00	10.99		1.10	LP	LP	LP		5.397	-5.593	-0.421
		2	16	3.344	3.088	2.00	10.99		1.10	1.10	LP	LP		5.344	-5.646	-0.425
	Jan	1	15	3.344	3.040	2.00	13.97		1.05	1.10	1.10	1.08	3.294	8.638	-5.332	-0.401
		2	16	3.265	3.040	2.00	13.97	3.33	1.05	1.05	1.10	1.07	3.243	11.841	-2.129	-0.160
	Feb	1	15	3.265	2.968	2.00	17.15		0.95	1.05	1.05	1.02	3.017	8.282	-8.868	-0.667
		2	13	3.012	2.968	2.00	17.15	3.33		0.95	1.05	1.00	2.968	11.313	-5.837	-0.439
Mar	1	15	3.012	2.738	2.00	7.48				0.95	0.95	2.601	7.612	0.132	0.010	
Padi 2	Apr	1	15	2.732	2.738	2.00	7.48		LP	LP	LP	LP		4.732	-2.748	-0.207
		2	16	2.732	2.738	2.00	7.48		1.10	LP	LP	LP		4.732	-4.838	-0.364
	Mei	1	15	2.620	2.484	2.00	9.57		1.10	1.10	LP	LP		4.620	-4.950	-0.372
		2	15	2.620	2.382	2.00	4.97		1.05	1.10	1.10	1.08	2.580	7.200	2.230	0.168
	Jun	1	15	2.366	2.382	2.00	4.97	3.33	1.05	1.05	1.10	1.07	2.540	10.240	5.270	0.396
		2	15	2.366	2.151	2.00	2.71		0.95	1.05	1.05	1.02	2.187	6.553	3.843	0.289
Jul	1	15	2.570	2.151	2.00	2.71	3.33		0.95	1.05	1.00	2.151	10.054	7.344	0.553	
	2	15	2.570	2.337	2.00	1.21				0.95	0.95	2.220	6.790	5.580	0.420	
		2	16	3.234	2.337	2.00	0.23		0.50			0.50	1.168	8.489	8.259	0.621
Kebutuhan Air Maksimum													Palawija	3.965	0.298	
													Padi 1	-4.469	-0.336	
													Padi 2	1.466	0.110	

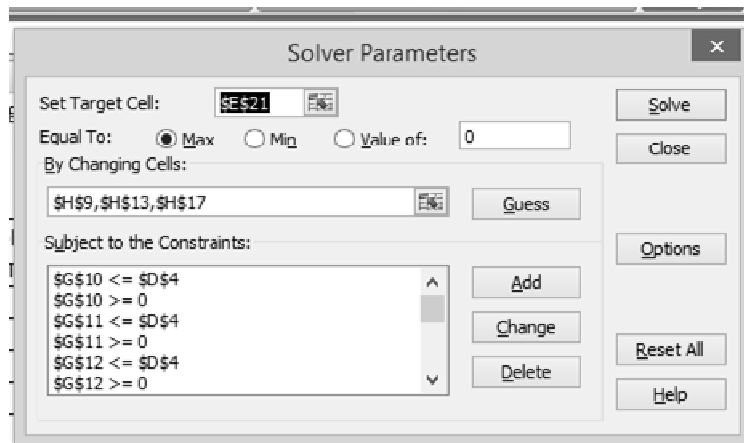
3.6 Model Optimasi

Pada studi kali ini perhitungan optimasinya menggunakan salah satu program excel yaitu *solver*. Dengan menentukan terlebih dulu Persamaan komponen model, Penentuan Fungsi Tujuan serta Fungsi Kendala dari data-data yang sudah dihitung.

3.7 Analisis Optimasi

Dalam analisis optimasi ini digunakan program *Solver* yang melibatkan unsur kebutuhan air irigasi, dan data debit. Langkah awal dengan membuka jendela *solver parameters*, tentukan *cell* yang akan menjadi target (*set target cell*), tentukan juga *cell* yang akan dioptimalkan (*By Changing cell*), masukkan fungsi kendala (*Subject to the constraint-Add*), Setelah itu tekan *Solve* seperti pada **Gambar 3.1**. Analisis optimasi pada awal tanam Agustus I dengan pola tanam Palawija(Jagung) - Padi - Padi adalah sebagai berikut pada **Tabel 3.6** :

Gambar 3.1 Jendela *Solve Parameters*



Tabel 3.6 Hasil Optimasi Bendung Cawak Awal Tanam Agustus I

Hasil Optimasi Bendung Awal Tanam Agustus
(Pola Tanam Palawija-Padi-Padi)

Luas Areal : 742 Ha
Kapasitas Bendung : 1350 M3

No	Periode	MT	Inflow (m3)	Kebutuhan Air Irigasi Total (m3/ha)	Storage (m3)	Luas Area Terpenuhi (Ha)	Kebutuhan Air Terpenuhi (m3)	Evaporasi (m3)	Limpasan (m3)	St+1 (m3)	IN+St (m3)	IT (%)
			IN	S	A			IR+OF+E	E	OF		
1	Agustus	I	0.013	0.001	1297.91	675	52.11	51.74	0.00	1297.91	1350.01	91%
2	September		0.000	0.001	1286.20		63.80	63.26	0.00	1286.20	1350.00	
3	Oktober		0.026	0.000	1284.14		65.88	65.57	0.00	1284.14	1350.03	
4	November		0.160	0.000	1292.44		57.72	57.87	0.00	1292.44	1350.16	
5	Desember	II	0.674	-0.001	1296.95	742	53.73	54.35	0.00	1296.95	1350.67	100%
6	Januari		0.233	-0.001	1297.14		53.09	53.51	0.00	1297.14	1350.23	
7	Februari		0.447	-0.001	1299.03		51.42	52.24	0.00	1299.03	1350.45	
8	Maret		0.489	0.000	1302.45		48.04	48.18	0.00	1302.45	1350.49	
9	April	III	0.406	-0.001	1307.23	742	43.17	43.72	0.00	1307.23	1350.41	100%
10	Mei		0.081	0.001	1307.75		42.33	41.91	0.00	1307.75	1350.08	
11	Juni		0.004	0.001	1311.53		38.48	37.85	0.00	1311.53	1350.00	
12	Juli		0.013	0.001	1308.12		41.90	41.12	0.00	1308.12	1350.01	
Jumlah			2.547	0.001	740.89	2159.00	611.66			740.88968		291%

Keuntungan : Rp 100,717,000,000.00
 Harga Padi : Rp 60,500,000.00 /Ha
 Harga Jagung : Rp 16,200,000.00 /Ha

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan debit andalan menggunakan metode F.J Mock, air yang tersedia di tampungan bendung cawak adalah 2,547 m3/detik. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan air irigasi dengan pola tanam Palawija-Padi-Padi awal tanam Agustus I itu sebesar 2159 m3/ha sebagai rencana tanam dengan kebutuhan air paling minimal. Dari hasil Optimasi didapatkan pola tanam dan awal tanam yang paling optimum adalah Agustus I dengan pola tanam Palawija-Padi-Padi intensitas tanam 291% dan dengan luas areal irigasi MT I 675 ha, MT II 742 ha, MT III 742 ha.

Saran dari penulis Pelaksanaan Pengomtimasian pemberian air untuk air baku irigasi harus diawasi secara baik dan benar, sehingga keberadaan bendung yang sudah ada dapat bermanfaat secara maksimal untuk meningkatkan kesejahteraan penduduk di daerah kepohbaru wilayah Kemantren Nglumber khususnya. Melihat debit inflow dan tampungan maksimum bendung yang ada, maka diperlukan kesadaran masyarakat dan pengelola operasional Bendung Cawak dalam hal pemanfaatan air Bendung Cawak agar pemberian air untuk irigasi dapat dimanfaatkan dengan optimal.

5. REFERENSI

- Anonim, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi*, KP-01, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Pengairan, CV. Galang Persada, Bandung.
- Aulia Safithri, 2017, *Optimasi Pengelolaan Embung Salut Timur Untuk Air Baku Dan Irigasi Di Desa Salut Kecamatan Kayangan Lombok Utara*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram.

- Jayadi, R., 2000, *Optimasi Potensial Air Embung Kali Ujung Dalam Memenuhi Kebutuhan Irigasi Daerah Irigasi Embung Kali Ujung*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Mustari, 2008, *Optimasi Pemanfaatan Sumber Daya Air Embung Bangka*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram.
- SNI 19-6728.1-2002, *Penyusunan Neraca Sumber Daya*
- Sudirja, 2008, *Optimasi Pemanfaatan Sumber Daya Air Untuk Irigasi, Peternakan dan Air Baku Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Reak*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram.
- Soemarto,C.D., 1987, *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Sosrodarsono, S., Takeda, K., 1987, *Hidrologi Untuk Pengairan*, Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Tisnawati, 2010, *Optimasi Pemanfaatan Sumber Daya Air Embung Batu Tulis di Kecamatan Jonggat Kabupaten Lombok Tengah*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram.