OPTIMASI KAPASITAS TAMPUNGAN DALAM PERENCANAAN DESAIN EMBUNG MULIA JAYA KABUPATEN KOLAKA TIMUR

Mochammad Ardi Wildan[1], Kustamar[2], Sriliani Surbakti[3]
[123)] *Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang*
Email : moch.ardiwildone@gmail.com[1]

ABSTRACT

Water is the most important basic material in human life. In order to support the water resources management program, especially water resource conservation efforts, it is necessary to carry out water management efforts so that the quantity and quality of water resources are maintained. which requires a raw water source. With the construction of this reservoir, it is hoped that water conservation efforts will be achieved which is also used to supply irrigation needs. The purpose of this study is to plan the design of the reservoir so that it can function optimally. In the analysis of this study, secondary data is needed, including rainfall data for the last 10 years, climatological data, data on the area of the watershed (Basin), topographic data, and data on existing cropping patterns. Based on the analysis of water availability in the Mulia Jaya River using the F.J.Mock method, the maximum reliable discharge value (Q80) occurred in the first 15 days of March with a discharge of 1,113 liters/second and the minimum occurred on the second 15 days of September with a discharge of 29.9 liters/second. The maximum irrigation water requirement for agriculture (DR) was obtained on the first 15 days of August on the 4th alternative with a value of 1.07 liters/second/hectare. Based on the analysis of the topographical potential, the gross reservoir is 231,304.56 m³, the dead storage is 8,293.55 m³, and the effective storage is 100,806.11 m³.

Keywords : *Reservoir Design, Climatology, Mainstay Discharge, Cropping Patterns.*

ABSTRAK

Air adalah bahan dasar yang paling penting dalam kehidupan manusia. Dalam rangka mendukung program pengelolaan sumber daya air tersebut, khususnya upaya konservasi sumber daya air maka, perlu dilakukan usaha-usaha pengelolaan air agar kuantitas dan kualitas sumber daya air tetap terjaga. Salah satu upaya fisik pengelolaan sumber daya air adalah dengan pembuatan embung-embung di lokasi yang membutuhkan sumber air baku. Dengan adanya bangunan embung ini diharapkan tercapainya upaya konservasi air yang digunakan juga untuk menyuplai kebutuhan irigasi. Tujuan studi ini adalah untuk membuat perencanaan desain embung agar dapat berfungsi secara optimal. Dalam analisa studi ini dibutuhkan data sekunder antara lain data curah hujan 10 tahun terakhir, data klimatologi, data luas DAS (Daerah Alira Sungai), data topografi, data pola tanam eksisting. Berdasarkan analisa ketersediaan air pada Sungai Mulia Jaya menggunakan metode F.J.Mock didapat hasil nilai debit andalan (Q80) maksimum terjadi pada bulan 15 hari pertama bulan maret dengan debit sebesar 1.113 Liter/detik dan minimum terjadi pada 15 hari kedua bulan September dengan debit sebesar 29.9 liter/detik. Nilai kebutuhan air irigasi untuk pertanian (DR) maksimum didapat pada 15 hari pertama bulan Agustus pada alternatif ke 4 dengan nilai sebesar 1.07 liter/detik/hektar. Berdasarkan analisa potensi topografi didapat tampungan bruto sebesar 231,304.56 m³, tampungan mati sebesar 8,293.55 m³, dan tampungan efektif sebesar 100,806.11 m³.

Kata Kunci : *Desain Embung, Klimatologi, Debit Andalan, Pola tanam.*

1. PENDAHULUAN

Air adalah bahan dasar yang paling penting dalam kehidupan manusia. Pada umumnya air didapat dari hujan, air permukaan, sumber mata air atau bisa juga disebut air tanah. Akan tetapi tanpa adanya pengelolaan yang baik, maka fungsi dari air tidak maksimal dalam segala aspek kehidupan manusia. Peraturan Pemerintah Nomor 42 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air (SDA) menjelaskan bahwa aspek utama dalam Pengelolaan SDA adalah terselenggaranya kegiatan konservasi SDA, Pendayagunaan SDA, dan Pengendalian Daya Rusak Air.

Upaya yang dapat dilakukan dalam pengelolaan sumber daya air bisa dilakukan dengan cara fisik maupun upaya non fisik. Salah satu upaya fisik pengelolaan sumber daya air adalah dengan pembuatan embung - embung di lokasi yang membutuhkan sumber air baku. Dengan adanya bangunan embung ini diharapkan tercapainya upaya konservasi air yang digunakan juga untuk menyuplai kebutuhan irigasi.

Di desa Mulia Jaya pada musim hujan kondisi air cukup tinggi akan tetapi apabila musim kemarau kondisi debit air kecil, sehingga untuk memanfaatkan debit air yang tinggi pada musim hujan maka perlu dibangun embung dilokasi tersebut. Berdasarkan data eksisting yang diperoleh ditahun 2019 terdapat luas lahan untuk pertanian yang fungsional Kecamatan Dangia khususnya di daerah Desa Mulia Jaya adalah sebesar ± 70 ha dan luas lahan potensial sebesar ± 200 ha (*Sumber data dari kelompok P3A Desa Mulia Jaya*). Sedangkan volume tampungan eksisting pada embung adalah sebesar 7.293 m³.

Oleh sebab itu diperlukan optimasi kapasitas tampungan dalam perencanaan desain embung Mulia Jaya Kabupaten Kolaka Timur.

Identifikasi Masalah

Belum maksimalnya terairi lahan pertanian yang fungsional di Kecamatan Dangia khususnya di Desa Mulia Jaya maka perlu direncanakan pembangunan embung sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Rumusan Masalah

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini untuk :

1. Berapakah volume kebutuhan air irigasi pada Embung Mulia Jaya ?
2. Berapakah volume ketersediaan air irigasi pada Sungai Mulia Jaya ?
3. Berapakah volume tampungan bruto, mati, dan efektif pada Embung Mulia Jaya ?

Batasan Masalah

Sesuai dengan permasalahan diatas maka dapat diberikan batasan batasan sebagai berikut :

1. Fokus studi berada pada Embung Mulia Jaya
2. Data yang digunakan untuk menghitung debit ketersediaan air dan kebutuhan air adalah data curah hujan di 3 stasiun hujan terdekat, yaitu yang berada di beberapa stasiun hujan di wilayah DAS Mulia Jaya
3. Pemanfaatan embung hanya untuk irigasi

Tujuan dan Manfaat

Tujuan studi ini adalah untuk membuat perencanaan desain embung agar dapat berfungsi secara optimal. Sedangkan manfaat dari studi ini yaitu areal lahan pertanian yang potensial dapat terairi sehingga lahan fungsional menjadi bertambah.

2. LANDASAN TEORI

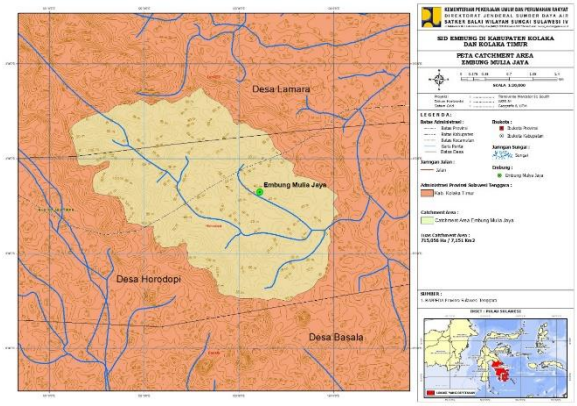
Studi Terdahulu

No	Tahun	Peneliti	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	2016	Bernas Simbolon (Universitas Medan Area)	Evaluasi Kapasitas Embung Hadudu Daerah Irigasi Hutabagasan Kabupaten Humbang Hasundutan	Mengetahui besar kapasitas volume tampungan air	Penelitian ini dilakukan di daerah Kabupaten Humbang Hasundutan Provinsi Sumatera Utara
2	2017	Dini Lungsari (Universitas Mataram)	Analisis Hidrologi Dan Optimasi Tampungan Embung Bangket Lamin Di Dusun Teluk Kateng Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah	Mengetahui luas areal optimum pada daerah irigasi	Penelitian ini dilakukan di daerah Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah Provinsi Nusa Tenggara Barat Analisa optimasi menggunakan Program "*Excel Solver*"
3	2017	Lukman Hakim (Institut Teknologi Nasional Malang)	Analisa Kapasitas Tampung Waduk Manunggal Daya Terhadap Kebutuhan Air Irigasi Menggunakan Metode Ripple	Mengetahui kebutuhan irigasi untuk pertanian	Menghitung perbandingan analisa kapasitas tampungan total waduk menggunakkan metode *Ripple*

Pengertian Embung

Embung atau tendon air merupakan waduk berukuran mikro di lahan pertanian (*small farm reservoir*) yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan di musim hujan. Air yang ditampung tersebut selanjutnya digunakan sebagai sumber irigasi suplementer untuk budidaya komoditas pertanian bernilai ekonomi tinggi (*high added value crops)* di musim kemarau atau di saat curah hujan makin jarang.

Daerah Aliran Sungai Embung Mulia Jaya



Gambar 1. Daerah Aliran Sungai Embung Mulia Jaya

Analisa Curah Hujan

Curah Hujan Rata-Rata :

$$P = \frac{P1+P2+P3\ldots\ldots Pn}{N}$$

Dimana :

P = hujan rata-rata(mm)

P1,P2,Pn = jumlah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm).

Curah Hujan Efektif :

Curah hujan efektif (Reff) ditentukan berdasarkan besarnya R80 yang merupakan curah hujan yang besarnya dapat dilampaui sebanyak 80% atau dengan kata lain dilampauinya 8 kali kejadian dari 10 kali kejadian. Artinya, bahwa besarnya curah hujan yang terjadi lebih kecil dari R80 mempunyai kemungkinan hanya 20%. Untuk menghitung besarnya curah hujan efektif berdasarkan R80 = *Rainfall equal or exceeding in 8 years out of 10 years*, dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$R80=(n/5)+1$$

Dimana :

R80 = curah hujan efektif 80 % (mm/hari)

(n/5) + 1 = Rangking curah hujan efektif di hitung dari curah hujan terkecil

Perhitungan kebutuhan air irigasi

$$NFR = Etc + P + WLR - Re$$

$$DR = (NFR \times A)/e$$

Dimana:

NFR = kenutuhan air irigasi disawah (lt/det/Ha)

DR = kebutuhan air di pintu pengambilan (lt/det/Ha)

Etc = penggunaan konsumtif (mm/hari)

P = perkolasi (mm/hari)

WLR = penggantian lapisan air (mm/hari)

Re = curah hujan efektif

A = luas areal irigasi rencana (Ha)

e = efisiensi irigasi

Kebutuhan Penyiapan Lahan

$$IR = Me^k/(e^k - 1)$$

Dengan :

IR : kebutuhan air di sawah (mm/hari)

M :1.1ETo + P (mm/hari), merupakan kebutuhan air puncak

Eto :evapotranspirasi potensial (mm/hari)

P :perkolasi (mm/hari)

K :M.T/S

T :jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S :kebutuhan air untuk penjenuhan

Klimatologi

Klimatologi juga disebut penguapan adalah gabungan dari dua peristiwa yakni evaporasi dan transpirasi yang terjadi secara bersamaan disebut juga peristiwa evapotranspirasi. Kedua proses ini sulit untuk dibedakan karena keduanya terjadi secara simultan. Faktor iklim yang sangat mempengaruhi peristiwa ini, diantaranya adalah suhu, udara, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, dan sinar matahari. Berdasarkan data iklim yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, daerah studi termasuk dalam tipe iklim C menurut Schemidt Ferguson dengan nilai Q = 0, 5429 dan hasil pencatatan suhu dan kelembaban udara stasiun terdekat, menunjukan bahwa suhu rata-rata 34° – 36,4° C**.**

Analisa Neraca Keseimbangan Air

Untuk menghitung neraca air embung, digunakan metode simulasi pola operasi embung. Pola pikir yang digunakan dalam simulasi Embung ini adalah bahwa tampungan pada waktu (t + 1) merupakan hasil kesetimbangan dari komponen *inflow* (I) dan komponen *outflow* (O) serta tampungan (*storage*) pada waktu (t) . dari persamaan kontinuitas berupa rumus neraca air di Embung sebagai berikut :

$$St = St\text{-}1 + It - Et + Wr + Ot$$

dimana :

St = Volume air Embung pada waktu t

St-1 = Volume air Embung pada waktu t-1

It = Volume *inflow* yang masuk ke Embung pada waktu t

Et = *Evaporasi* yang terjadi Embung pada waktu t

Wr = Kebutuhan air tanaman pada waktu ke t

Ot = Volume *outflow* yang disuplai dari Embung pada waktu t

Prinsip dasar dari studi optimasi dengan simulasi adalah pengembangan dari persamaan kontinuitas, yaitu :

$$i - o = \frac{ds}{dt}$$

dimana :

I = inflow dalam (m^3/dt)

o = outflow dalam (m^3/dt)

$\frac{ds}{dt}$ = perubahan tampungan yang merupakan fungsi dari waktu

Detail persamaan simulasi dikembangkan sebagai berikut:

$$I_t - L_{t-1} - S_t - SP_t - O_t = \frac{(W_t - W_{t-1})}{dt}$$

dimana :

It = rata-rata inflow di embung dalam setengah bulanan dalam (m^3/dt)

Lt = kehilangan air pada embung oleh evapotranspirasi dalam setengah bulanan (m^3/dt)

St = kehilangan air akibat rembesan melalui pondasi embung dalam setengah bulanan (m^3/dt)

Spt = air yang melalui pelimpah dalam setengah bulanan (m^3/dt)

3. METODOLOGI STUDI

Lokasi Studi

Embung Mulia Jaya terletak pada posisi 4°11'12.04"S dan 121°55'43.05"E di Desa Mulia Jaya, Kecamatan Dangia, Kabupaten Kolaka Timur, Provinsi Sulawesi Tenggara. Lokasinya berjaran ± 2 km dari Kantor Kecamatan Dangia.

Pengumpulan Data

Setelah melaksanakan tahap persiapan maka dilanjutkan dengan mengumpulkan data yang berkaitan dengam perencanaan Embung Mulia Jaya tersebut. Data-data yang diperlukan ialah data klimatologi, curah hujan, peta DAS dan topografi.

Analisis Data

Dari data yang telah didapatkan kemudian dilakukan analisis hujan wilayah, analisis debit ketersediaan air, analisis perhitungan kebutuhan air dan analisis neraca keseimbangan air.

Tabel 1. Suhu Udara dan Kelembapan Udara Setiap Bulan di Kabupaten Kolaka Timur, 2018

Bulan	Suhu Udara			Kelembapan Udara		
	2017			2017		
	Min	Maks	Rata-Rata	Min	Maks	Rata-Rata
Januari	23.8	34.6	28.9	70.0	86.0	77.0
Februari	23.2	35.0	28.7	62.0	88.0	78.0
Maret	23.6	34.6	28.1	74.0	90.0	81.0
April	23.5	35.0	28.5	74.0	87.0	80.0
Mei	23.4	34.4	27.5	73.0	94.0	83.0
Juni	23.2	34.0	26.8	72.0	94.0	84.0
Juli	21.2	34.8	26.8	70.0	93.0	82.0
Agustus	22.2	34.4	27.0	55.0	88.0	75.0
September	22.4	34.8	27.9	64.0	89.0	76.0
Oktober	23.4	35.4	28.8	68.0	86.0	77.0
November	23.4	36.4	29.3	66.0	84.0	76.0
Desember	22.4	34.9	29.3	66.0	86.0	76.0

Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kabupaten Kolaka (2018)

Tabel 2. Rata-rata Hari Hujan dan Curah Hujan per bulan di Kabupaten Kolaka Timur Tahun 2018

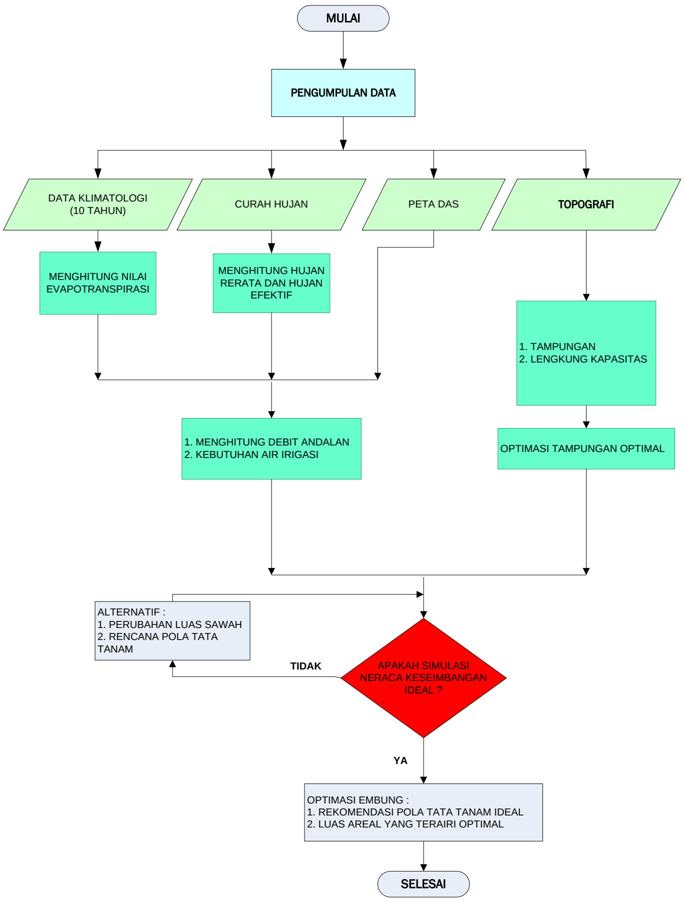
Bulan	Jumlah Hari Hujan	Curah Hujan (mm)
Januari	17.0	228.5
Februari	18.0	267.0
Maret	18.0	144.5
April	15.0	234.1
Mei	23.0	267.8
Juni	25.0	262.4
Juli	20.0	202.3
Agustus	17.0	75.9
September	18.0	147.3
Oktober	20.0	200.5
November	21.0	284.6
Desember	19.0	214.1
Jumlah	**231.0**	**2529.0**

Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kabupaten Kolaka Timur (2018)

Tabel 3. Tinggi Wilayah di Atas Permukaan Laut (MDPL) Menurut Kecamatan di Kabupaten Kolaka Timur (meter),2018

No	Kecamatan	Tinggi DPL
1	Ladongi	90
2	Lambandia	120
3	Tirawuta	200
4	Mowewe	450
5	Uluiwoi	1400
6	Tinondo	480
7	Lalolae	200
8	Poli-Polia	120
9	Aere	86
10	Dangia	90
11	Loea	200
12	Ueesi	1400

Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir

4. HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

Tabel 4. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi

No	Parameter	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
			Bulan											
1	Suhu, (t)	(C)	28.81	28.13	30.15	31.60	29.49	29.58	29.59	31.62	32.02	29.75	35.55	29.56
2	Kelembaban Udara (RH)	(%)	91.94	91.60	90.36	89.01	91.63	90.87	91.63	91.15	92.03	91.75	91.89	92.66
3	Penyinaran Matahari (n/N)	(%)	31.80	32.32	35.46	35.91	35.67	24.37	27.77	34.42	57.61	51.76	41.36	34.24
4	Kecepatan Angin (u)	(m/dt)	0.29	0.21	0.19	0.18	0.18	0.18	0.19	0.24	0.29	0.26	0.22	0.21
5	Tekanan uap Jenuh (ea)	(mbar)	39.63	38.09	42.81	46.25	41.23	41.49	41.49	46.31	47.24	41.85	55.66	41.40
6	Tekanan Uap Nyata (ed)	(mbar)	11.42	10.71	12.91	14.61	12.16	12.27	12.28	14.64	15.13	12.45	19.79	12.24
7	Faktor Bobot Suhu-Ketinggian (w)		0.77	0.77	0.78	0.79	0.78	0.78	0.79	0.79	0.79	0.79	0.81	0.78
8	Perbedaan Tekanan Uap (ea - ed)	(mbar)	28.21	27.37	29.90	31.64	29.07	29.22	29.22	31.66	32.12	29.40	35.87	29.16
9	Radiasi Gelombang Pendek atm, Ra	(mm/hari)	15.52	15.82	15.60	14.88	13.76	13.07	13.37	14.27	15.09	15.61	15.53	15.43
10	Radiasi Gelombang Pendek (Rs)	(mm/hari)	2.92	3.01	3.24	3.14	2.90	1.97	2.25	2.90	4.94	4.61	3.72	3.10
11	Fungsi Angin, f(u)		0.34	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.33	0.34	0.33	0.32	0.32
12	Fungsi Suhu, f(t)		16.46	16.33	16.73	17.02	16.60	16.06	16.62	17.02	16.22	16.65	17.81	16.61
13	Fungsi Tekanan Uap, f(ed)		0.19	0.20	0.18	0.17	0.19	0.19	0.19	0.17	0.17	0.18	0.14	0.19
14	Fungsi Kecerahan, f(n/N)		0.39	0.39	0.42	0.42	0.42	0.32	0.35	0.41	0.62	0.57	0.47	0.41
15	Radiasi Gelombang Panjang netto, Rn1	(mm/hari)	1.22	1.25	1.28	1.24	1.30	0.95	1.08	1.20	1.69	1.74	1.21	1.26
16	Radiasi Gelombang Pendek, Rns	(mm/hari)	2.19	2.26	2.43	2.35	2.17	1.48	1.69	2.18	3.71	3.46	2.79	2.33
17	Radiasi Matahari	(mm/hari)	0.97	1.01	1.15	1.11	0.87	0.52	0.61	0.98	2.01	1.72	1.58	1.07
18	Eto*	(mm/hari)	2.90	2.77	2.95	2.97	2.70	2.42	2.41	2.94	3.86	3.42	3.48	2.88
19	Faktor Koreksi, 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
20	Evapotranspirasi, Eto	(mm/hari)	3.19	3.05	2.95	2.67	2.43	2.18	2.17	2.94	4.25	3.77	3.83	3.17

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa debit andalan

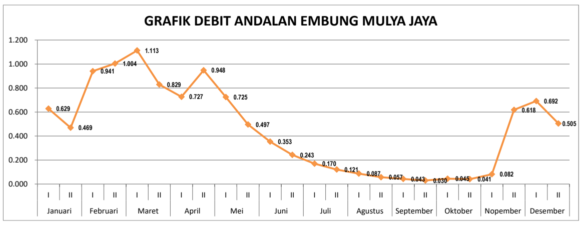
Setelah diketahui nilai evapotranspirasi (ETo) pada perhitungan sebelumnya, maka berikut ini hasil analisa perhitungan debit andalan yang telah dilakukan melalui berbagai langkah-langkah pengerjaannya.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Analisa Debit Andalan

No	Uraian	Keterangan	Unit	Januari I	Januari II	Februari I	Februari II	Maret I	Maret II	April I	April II	Mei I	Mei II	Juni I	Juni II	Juli I	Juli II	Agustus I	Agustus II	September I	September II	Oktober I	Oktober II	Nopember I	Nopember II	Desember I	Desember II
	DATA HUJAN																										
1	Days		hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	15
2	Precipitation	(P)	mm	158	168	110	333	76	36	96	107	0	103	21	0	0	10	0	0	2	24	5	0	35	120	38	74
3	Rain Days	(n)	hari	3	4	3	3	2	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2	1	2
4	POTENTIAL EVAPOTRANPIRATION	(Ep)	mm/hari	47.86	51.05	47.86	41.48	47.86	51.05	47.86	47.86	47.86	51.05	47.86	47.86	47.86	51.05	47.86	51.05	47.86	47.86	47.86	51.05	47.86	47.86	47.86	47.86
	LIMITED EVAPOTRANPIRATION :																										
5	Exposed Surface	(m)	%	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
6	E/Ep = (m/20)(18-n)		%	0.29	0.27	0.31	0.29	0.31	0.34	0.33	0.33	0.36	0.33	0.33	0.36	0.36	0.35	0.36	0.35	0.35	0.34	0.35	0.36	0.34	0.32	0.34	0.32
7	E	(6x4)	mm	14.04	13.95	14.68	12.17	14.99	17.36	15.95	15.95	17.23	17.02	15.95	17.23	17.23	18.04	17.23	18.04	16.91	16.27	16.59	18.38	16.27	15.31	16.27	15.31
8	Et = Ep - E	(4-7)	mm	33.82	37.09	33.18	29.31	32.86	33.69	31.90	31.90	30.63	34.03	31.90	30.63	30.63	33.01	30.63	33.01	30.95	31.59	31.27	32.67	31.59	32.54	31.59	32.54
	WATER BALANCE :																										
9	Soil Moisture Content = P - Et	(2-8)	mm	124.18	130.91	76.82	303.69	43.14	2.31	64.10	75.10	-30.63	68.97	-10.90	-30.63	-30.63	-23.01	-30.63	-33.01	-28.95	-7.59	-26.27	-32.67	3.41	87.46	6.41	41.46
10	Soil Storage		mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-30.63	0.00	-10.90	-30.63	-30.63	-23.01	-30.63	-33.01	-28.95	-7.59	-26.27	-32.67	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Soil Moisture	SMC	mm	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	169.37	200.00	189.10	158.47	127.84	104.83	74.20	41.19	12.24	4.66	-21.61	-54.28	200.00	200.00	200.00	200.00
12	Water Surplus	(Ws)	mm	124.18	130.91	76.82	303.69	43.14	2.31	64.10	75.10	0.00	68.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.41	87.46	6.41	41.46
	RUN OFF & GROUND WATER STORAGE :																										
13	Infiltration (I)	(12xi)	mm	80.00	84.33	49.49	195.64	27.79	1.49	41.29	48.38	0.00	44.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	56.34	4.13	26.71
14	0,5 x I (1+k)			68.00	71.68	42.06	166.29	23.62	1.26	35.10	41.12	0.00	37.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	47.89	3.51	22.70
15	k x Vn-1			35.00	72.10	100.65	99.90	186.33	146.97	103.76	97.20	96.83	67.78	73.88	51.72	36.20	25.34	17.74	12.42	8.69	6.08	4.26	2.98	2.09	2.77	35.46	27.28
16	Storage Volume	(14+15)	mm/bln	103.00	143.78	142.71	266.19	209.95	148.23	138.86	138.32	96.83	105.54	73.88	51.72	36.20	25.34	17.74	12.42	8.69	6.08	4.26	2.98	3.96	50.66	38.97	49.98
17	DVn = Vn - V(n-1)			53.00	40.78	-1.07	123.48	-56.24	-61.72	-9.37	-0.54	-41.50	8.72	-31.66	-22.16	-15.51	-10.86	-7.60	-5.32	-3.73	-2.61	-1.83	-1.28	0.98	46.70	-11.69	11.01
18	Base Flow = I - DVn	(13-17)		27.00	43.55	50.56	72.16	84.03	63.21	50.66	48.91	41.50	35.71	31.66	22.16	15.51	10.86	7.60	5.32	3.73	2.61	1.83	1.28	1.22	9.64	15.82	15.70
19	Direct Run Off	(12-13)		44.18	46.58	27.33	108.05	15.35	0.82	22.81	26.72	0.00	24.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22	31.12	2.28	14.75
20	Run Off	(18+19)		71.18	90.13	77.89	180.21	99.37	64.03	73.47	75.63	41.50	60.25	31.66	22.16	15.51	10.86	7.60	5.32	3.73	2.61	1.83	1.28	2.44	40.76	18.10	30.45
21	Water Availability		m^3/det	0.395	0.469	0.433	1.155	0.552	0.333	0.408	0.420	0.231	0.314	0.176	0.123	0.086	0.057	0.042	0.028	0.021	0.014	0.010	0.007	0.014	0.226	0.101	0.169
22	Water Availability (x10^6)		m^3/bln	0.513	0.649	0.561	1.298	0.715	0.461	0.529	0.545	0.299	0.434	0.228	0.160	0.112	0.078	0.055	0.038	0.027	0.019	0.013	0.009	0.018	0.293	0.130	0.219

Tabel 6. Data rekapitulasi rangking debit andalan R80 (m^3/detik)

No	Januari I	Januari II	Februari I	Februari II	Maret I	Maret II	April I	April II	Mei I	Mei II	Juni I	Juni II	Juli I	Juli II	Agustus I	Agustus II	September I	September II	Oktober I	Oktober II	Nopember I	Nopember II	Desember I	Desember II
1	0.241	0.313	0.433	0.636	0.530	0.333	0.383	0.420	0.231	0.314	0.176	0.123	0.086	0.057	0.042	0.028	0.021	0.014	0.010	0.007	0.014	0.226	0.101	0.169
2	0.395	0.386	0.480	0.790	0.552	0.600	0.408	0.722	0.664	0.417	0.347	0.233	0.165	0.108	0.080	0.053	0.039	0.028	0.019	0.034	0.026	0.359	0.238	0.334
3	*0.629*	*0.469*	*0.941*	*1.004*	*1.113*	*0.829*	*0.727*	*0.948*	*0.725*	*0.497*	*0.353*	*0.243*	*0.170*	*0.121*	*0.087*	*0.057*	*0.043*	*0.030*	*0.045*	*0.041*	*0.082*	*0.618*	*0.692*	*0.505*
4	0.769	0.685	0.952	1.155	1.279	0.854	0.985	1.023	0.847	0.764	0.429	0.326	0.335	0.187	0.138	0.122	0.091	0.064	0.051	0.066	0.099	0.637	0.894	1.231
5	0.959	0.723	1.045	1.191	1.526	0.970	1.319	1.232	0.896	1.029	0.777	0.564	0.379	0.249	0.186	0.132	0.105	0.074	0.052	0.234	0.335	0.664	1.232	1.557
6	0.998	0.872	1.281	1.316	1.610	1.392	1.350	1.423	0.928	1.286	0.940	0.627	0.439	0.288	0.215	0.141	0.206	0.144	0.101	0.318	0.634	0.683	1.343	1.558
7	1.040	0.936	1.299	1.661	1.747	1.396	1.821	1.662	1.045	1.294	1.183	1.031	0.736	0.483	0.475	0.276	0.240	0.168	0.153	0.391	0.929	0.765	1.558	1.728
8	1.135	1.552	1.653	2.060	1.947	1.459	2.129	1.827	1.190	1.340	1.208	1.406	0.768	0.620	0.477	0.349	0.280	0.289	0.258	0.399	1.076	1.477	1.725	2.239
9	1.510	1.739	1.765	2.665	2.225	1.958	2.284	1.886	1.724	1.518	1.297	1.414	0.857	0.709	0.817	0.446	0.430	0.301	0.351	0.480	1.088	2.141	1.784	2.240
10	1.697	1.960	1.812	3.455	2.475	2.722	2.560	2.108	1.848	2.001	2.096	1.514	1.933	1.385	0.877	0.576	0.748	0.745	1.566	0.903	1.463	2.679	2.490	2.309
Q 80 % (m^3/detik)	0.629	0.469	0.941	1.004	1.113	0.829	0.727	0.948	0.725	0.497	0.353	0.243	0.170	0.121	0.087	0.057	0.043	0.030	0.045	0.041	0.082	0.618	0.692	0.505



Gambar 3. Grafik debit andalan embung mulia jaya

Analisa kebutuhan air irigasi

Tabel 7. Perhitungan probabilitas curah hujan 15 harian

No.	Januari I	Januari II	Februari I	Februari II	Maret I	Maret II	April I	April II	Mei I	Mei II	Juni I	Juni II	Juli I	Juli II	Agustus I	Agustus II	September I	September II	Oktober I	Oktober II	Nopember I	Nopember II	Desember I	Desember II
1	96.00	69.06	82.00	87.00	76.00	36.00	51.00	107.00	0.00	20.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	120.00	9.00	45.00
2	158.00	154.00	110.00	108.00	109.00	113.00	96.00	126.00	68.00	54.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	128.00	38.00	74.00
3	*174.00*	*168.00*	*240.00*	*179.00*	*314.00*	*144.00*	*116.00*	*144.00*	*74.00*	*103.00*	*21.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*35.00*	*149.00*	*154.00*	*99.00*
4	236.00	220.00	250.00	193.00	351.00	149.00	166.00	276.00	82.00	160.00	38.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	60.00	167.00	215.00	233.00
5	306.00	274.00	315.00	314.50	400.00	169.00	206.00	301.00	94.00	203.00	52.00	40.00	11.50	10.00	0.00	6.00	2.00	0.00	5.00	56.00	98.00	242.00	260.00	306.00
6	323.00	287.00	334.00	333.00	409.00	170.00	316.00	303.00	115.00	248.00	58.00	42.00	12.50	27.00	11.00	10.00	12.00	11.00	12.00	89.00	274.00	264.00	290.00	376.00
7	342.00	386.00	368.00	366.00	423.50	269.50	431.00	305.50	145.00	256.50	130.00	158.00	22.00	35.00	25.00	21.00	20.00	24.00	14.00	103.50	338.00	286.00	323.00	448.50
8	383.00	523.00	377.00	378.00	429.00	357.00	464.50	318.00	202.00	288.00	183.50	188.00	79.00	81.50	54.50	41.00	33.00	36.50	56.00	128.00	374.00	536.00	469.00	529.00
9	527.00	669.00	457.00	571.00	470.00	458.00	501.00	336.50	217.50	342.00	308.20	285.00	122.50	110.50	77.00	52.00	111.00	97.00	75.00	164.00	391.50	735.00	627.00	677.00
10	603.00	675.50	614.00	959.00	558.00	697.50	544.10	341.00	328.00	607.00	458.00	318.50	428.00	210.00	174.50	56.00	212.00	188.00	464.50	183.00	410.00	820.50	907.00	732.00
Jumlah	3148.0	3425.6	3147.0	3488.5	3539.5	2563.0	2891.6	2558.0	1325.5	2281.5	1268.7	1031.5	675.5	474.0	342.0	186.0	390.0	356.5	626.5	728.5	2005.5	3447.5	3292.0	3519.5
R 80	174.0	168.0	240.0	179.0	314.0	144.0	116.0	144.0	74.0	103.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0	149.0	154.0	99.0
R 50	306.0	274.0	315.0	314.5	400.0	169.0	206.0	301.0	94.0	203.0	52.0	40.0	11.5	10.0	0.0	6.0	2.0	0.0	5.0	56.0	98.0	242.0	260.0	306.0

Tabel 8. Perhitungan curah hujan efektif (Re) untuk padi

No	Bulan	Periode	R 80 (mm)	Re (mm)
1	Januari	I	174.00	121.80
		II	168.00	117.60
2	Pebruari	I	240.00	168.00
		II	179.00	125.30
3	Maret	I	314.00	219.80
		II	144.00	100.80
4	April	I	116.00	81.20
		II	144.00	100.80
5	Mei	I	74.00	51.80
		II	103.00	72.10
6	Juni	I	21.00	14.70
		II	0.00	0.00
7	Juli	I	0.00	0.00
		II	0.00	0.00
8	Agustus	I	0.00	0.00
		II	0.00	0.00
9	September	I	0.00	0.00
		II	0.00	0.00
10	Oktober	I	0.00	0.00
		II	0.00	0.00
11	Nopember	I	35.00	24.50
		II	149.00	104.30
12	Desember	I	154.00	107.80
		II	99.00	69.30

Tabel 9. Perhitungan curah hujan efektif (Re) palawija

No	Bulan	Periode	R 50 (mm)	Re (mm)
1	Januari	I	306.00	14.28
		II	274.00	12.79
2	Pebruari	I	315.00	14.70
		II	314.50	14.68
3	Maret	I	400.00	18.67
		II	169.00	7.89
4	April	I	206.00	9.61
		II	301.00	14.05
5	Mei	I	94.00	4.39
		II	203.00	9.47
6	Juni	I	52.00	2.43
		II	40.00	1.87
7	Juli	I	11.50	0.54
		II	10.00	0.47
8	Agustus	I	0.00	0.00
		II	0.00	0.00
9	September	I	2.00	0.09
		II	0.00	0.00
10	Oktober	I	5.00	0.23
		II	56.00	2.61
11	Nopember	I	98.00	4.57
		II	242.00	11.29
12	Desember	I	260.00	12.13
		II	306.00	14.28

TAbel 10. Perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan (LP)

Bulan	Eto	Eo=1,1xETo	P	M=Eo+P	K = MT/S				LP=(M e^k) / (e^k - 1) (mm/hr)			
					T = 30 hari		T = 45 hari		T = 30 hari		T = 45 hari	
					S=250 mm	S=300 mm	S=250 mm	S=300 mm	S=250 mm	S=300 mm	S=250 mm	S=300 mm
Jan	3.19	3.51	2.00	5.51	0.66	0.55	0.99	0.83	11.39	13.01	8.76	9.80
	3.19	3.51	2.00	5.51	0.66	0.55	0.99	0.83	11.39	13.01	8.76	9.80
Feb	3.05	3.36	2.00	5.36	0.64	0.54	0.96	0.80	11.30	12.92	8.66	9.70
	3.05	3.36	2.00	5.36	0.64	0.54	0.96	0.80	11.30	12.92	8.66	9.70
Mar	2.95	3.24	2.00	5.24	0.63	0.52	0.94	0.79	11.23	12.85	8.58	9.63
	2.95	3.24	2.00	5.24	0.63	0.52	0.94	0.79	11.23	12.85	8.58	9.63
Apr	2.67	2.94	2.00	4.94	0.59	0.49	0.89	0.74	11.04	12.67	8.38	9.44
	2.67	2.94	2.00	4.94	0.59	0.49	0.89	0.74	11.04	12.67	8.38	9.44
Mei	2.43	2.67	2.00	4.67	0.56	0.47	0.84	0.70	10.88	12.52	8.21	9.27
	2.43	2.67	2.00	4.67	0.56	0.47	0.84	0.70	10.88	12.52	8.21	9.27
Jun	2.18	2.39	2.00	4.39	0.53	0.44	0.79	0.66	10.72	12.36	8.04	9.10
	2.18	2.39	2.00	4.39	0.53	0.44	0.79	0.66	10.72	12.36	8.04	9.10
Jul	2.17	2.38	2.00	4.38	0.53	0.44	0.79	0.66	10.72	12.35	8.03	9.10
	2.17	2.38	2.00	4.38	0.53	0.44	0.79	0.66	10.72	12.35	8.03	9.10
Ags	2.94	3.24	2.00	5.24	0.63	0.52	0.94	0.79	11.22	12.85	8.58	9.63
	2.94	3.24	2.00	5.24	0.63	0.52	0.94	0.79	11.22	12.85	8.58	9.63
Sep	4.25	4.67	2.00	6.67	0.80	0.67	1.20	1.00	12.11	13.70	9.54	10.55
	4.25	4.67	2.00	6.67	0.80	0.67	1.20	1.00	12.11	13.70	9.54	10.55
Okt	3.77	4.14	2.00	6.14	0.74	0.61	1.11	0.92	11.78	13.38	9.18	10.20
	3.77	4.14	2.00	6.14	0.74	0.61	1.11	0.92	11.78	13.38	9.18	10.20
Nov	3.83	4.21	2.00	6.21	0.75	0.62	1.12	0.93	11.82	13.42	9.23	10.25
	3.83	4.21	2.00	6.21	0.75	0.62	1.12	0.93	11.82	13.42	9.23	10.25
Des	3.17	3.49	2.00	5.49	0.66	0.55	0.99	0.82	11.38	13.00	8.75	9.78
	3.17	3.49	2.00	5.49	0.66	0.55	0.99	0.82	11.38	13.00	8.75	9.78

Tabel 11. Harga koefisien tanaman padi

Bulan	Nedeco / Prosida Varietas		FAO Varietas	
	Biasa	Unggul	Biasa	Unggul
0.5	1.2	1.2	1	1.1
1	1.2	1.27	1	1.1
1.5	1.32	1.33	1	1.05
2	1.4	1.3	1	1.05
2.5	1.35	1.3	1	0.95
3	1.24	0	1.05	0
3.5	1.12		0.95	
4	0		0	

Tabel 12. Harga koefisien tanaman palawija

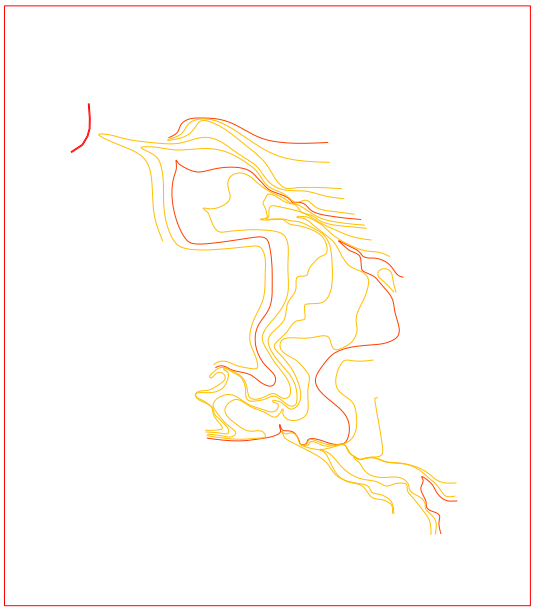
Tanaman	Jangka Tumbuh/Hari	1/2 bulan Ke -	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kedelai	85		0.5	0.75	1	1	0.82	0,45*							
Jagung	80		0.5	0.59	1	1.05	1.02	0,95*							
Kacang Tanah	130		0.2	0.45	0.6	0.73	0.83	0.94	1.05	0.78	0,6*				
Bawang	70		0.5	0.51	0.7	0.9	0.95	0,95*							
Buncis	75		0.5	0.64	0.9	0.95	0.88								
Kapas	195		0.5	0.5	0.6	0.75	0.91	1.04	1.05	1.05	1.05	0.78	0.65	0.65	0.65

Tabel 13. Perhitungan Pola Tanam optimum

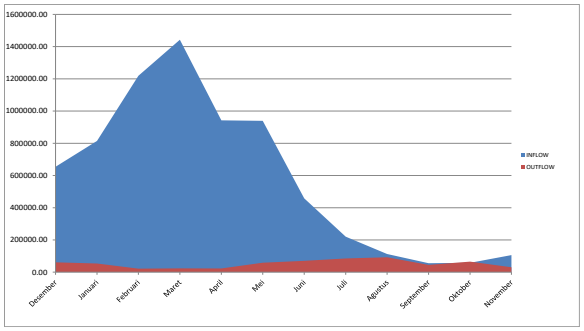
NO	KETERANGAN	BULAN																							
		NOVEMBER		DESEMBER		JANUARI		FEBRUARI		MARET		APRIL		MEI		JUNI		JULI		AGUSTUS		SEPTEMBER		OKTOBER	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
I.	DEBIT ANDALAN	81.8	618.5	861.8	594.8	628.5	450.4	340.7	1366.2	1713.0	930.3	727.1	846.3	725.0	466.6	393.3	242.9	170.0	127.2	97.1	57.1	42.7	29.9	44.8	41.1
II.		KEBUTUHAN PENGAMBILAN (RIGAS) (LR) (Lit/det/ha)																							
	ALTERNATIF 1	0.9	0.9	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	0.0	0.3	0.3	0.9	1.1	1.1	0.0	0.1	0.3	0.6	0.8	0.4	0.0
	ALTERNATIF 2	0.0	0.4	0.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	0.7	0.3	1.1	1.1	1.1	0.6	0.1	0.3	0.6	0.8	0.4	0.0
	ALTERNATIF 3	0.0	0.0	0.4	1.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.7	0.7	0.3	0.9	1.3	1.1	1.1	0.7	0.4	0.2	0.5	0.5	0.2
	ALTERNATIF 4	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.7	1.1	0.9	1.0	1.2	1.1	1.2	0.7	0.2	0.5	0.5	0.2
III.		LUAS AREA POTENSIAL (Ha)																							
	ALTERNATIF 1	89.9	711.3	1848.2	2080.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1884.4	7272.0	0.0	2180.1	3740.3	3661.7	2281.1	1932.8	0.0	660.3	1773.9	3630.8	39.4	189.1	0.0
	ALTERNATIF 2	0.0	94.5	1031.1	1224.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2272.4	1877.8	1355.7	3529.0	6812.2	4081.9	3324.4	3981.9	1350.4	3630.0	1334.5	75.3	80.7	0.0
	ALTERNATIF 3	0.0	0.0	1848.2	418.2	2152.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1240.8	1446.1	1274.9	1932.4	1848.0	4114.4	1321.4	1850.6	114.7	1240.0	1518.9	2460.0	61.0	81.8	180.5
	ALTERNATIF 4	0.0	0.0	0.0	1024.8	1184.0	1380.3	0.0	0.0	0.0	8311.2	5388.6	0.0	1355.7	822.4	653.2	488.7	297.8	229.8	1380.3	1773.9	3630.8	120.5	78.0	145.1
IV.		LUAS AREA DAPAT DIARI (Ha)																							
	ALTERNATIF 1	MT I (PADI) = 89.92										MT II (PADI) = 160.83										MT III (PALAWIJA) = 39.25			
	ALTERNATIF 2	MT I (PADI) = 94.47										MT II (PADI) = 332.43										MT III (PALAWIJA) = 75.29			
	ALTERNATIF 3	MT I (PADI) = 418.22										MT I (PADI) = 114.70										MT III (PALAWIJA) = 62.97			
	ALTERNATIF 4	MT I (PADI) = 1024.77										MT I (PADI) = 136.55										MT III (PALAWIJA) = 78.01			

Tabel 13. Rekapitulasi perhitungan total luas area yang dapat diari

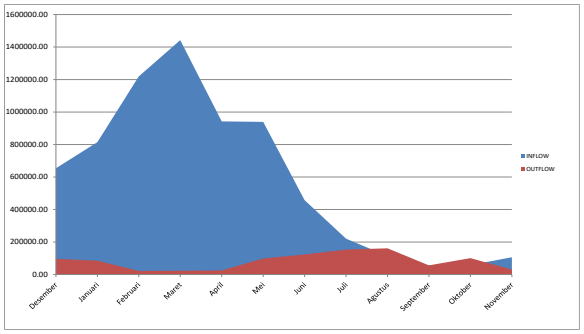
NO	ALTERNATIF JADWAL TANAM	LUAS AREAL YANG DAPAT DIARI (Ha)			
		MUSIM TANAM 1 PADI	MUSIM TANAM 2 PADI	MUSIM TANAM 3 PALAWIJA	TOTAL
1	ALTERNATIF 1 (NOV-1/MARET-2/AGUSTUS-1)	89.92	160.83	39.95	290.70
2	ALTERNATIF 2 (NOV-2/APRIL-1/AGUSTUS-2)	94.47	332.43	75.29	502.19
3	ALTERNATIF 3 (DES-1/APRIL-2/SEPTEMBER-1)	418.22	114.7	62.97	595.89
4	ALTERNATIF 4 (DES-2/MEI-1/SEP-2)	1024.77	136.55	78.01	1239.33



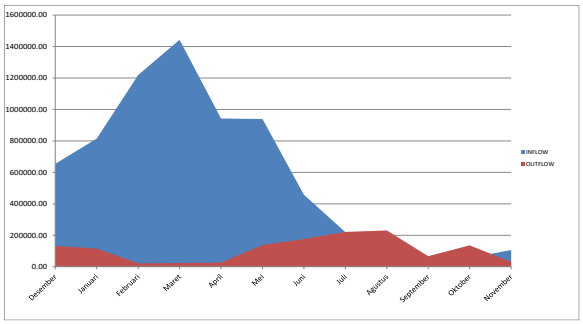
Gambar 4. Peta topografi lokasi calon embung dengan interval komtur per 1 meter



Gambr 5. Grafik simulasi neraca keseimbangan air untuk 50 hektar



Gambr 6. Grafik simulasi neraca keseimbangan air untuk 100 hektar



Gambr 7. Grafik simulasi neraca keseimbangan air untuk 150 hektar

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dan analisa yang menyeluruh, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pada perhitungan kebutuhan air irigasi untuk pertanian (DR) yang telah dilakukan diperoleh hasil setiap per 15 hari. Selanjutnya nilai kebutuhan air irigasi untuk pertanian (DR) maksimum didapat pada 15 hari pertama bulan Agustus pada alternatif ke 4 dengan nilai sebesar 1.07 Liter/detik/hektar. Dari hasil analisa kebutuhan air irigasi untuk pertanian (DR) untuk luasan lahan 100 Hektar dalam satu tahun adalah sebesar 1.267.552,82 m^3
2. Berdasarkan analisa ketersediaan air pada Sungai Mulya Jaya menggunakan metode F.J.Mock didapat hasil nilai debit andalan (Q80) maksimum terjadi pada bulan 15 hari pertama bulan maret dengan debit sebesar 1.113 Liter/detik dan minimum terjadi pada 15 hari kedua bulan September dengan debit sebesar 29.9 Liter/detik. Sedangkan untuk ketersediaan air berdasarkan kebutuhan 100 Hektar lahan selama satu tahun adalah sebesar 14.215.920.96 m^3
3. Berdasarkan analisa potensi topografi didapat tampungan bruto sebesar 231,304.56 m^3, tampungan mati sebesar 8,293.55 m^3, dan tampungan efektif sebesar 100,806.11 m^3.

Saran

Agar mendapatkan hasil yang maksimal, perhitungan analisa kapasitas tampungan suatu embung diperlukan tingkat ketelitian yang tinggi, sehingga dapat meminimalisir tingkat kesalahan dalam perhitungannya. Beberapa saran dari penulis untuk melakukan analisa perhitungan optimasi kapasitas tampungan embung sebagai berikut :

1. Dari neraca keseimbangan didapat hasil bahwa nilai inflow lebih tinggi daripada nilai outflow yang dibutuhkan untuk daerah layanan irigasi 100 Ha. Akan tetapi tidak semua inflow tidak

dapat ditampung di embung karena keterbatasan kapasitas topografi terutama elevasi. Sehingga apabila ingin dimaksimalkan lagi maka penulis menyarankan harus ada perencanaan embung lagi dibagian hulu.

2. Menyiapkan data penunjang selengkap mungkin, sehingga tidak mengalami kesulitan dalam proses menganalisa dan memperhitungkan penelitian.
3. Stasiun hujan yang dipilih adalah yang terdekat dari lokasi embung, sehingga data curah hujan memiliki tingkat keakuratan yang tinggi.
4. Bagi mahawiswa yang ingin mengembangkan tema dari tugas akhir ini hendaknya mendapatkan informasi yang jelas dan terperinci dari pihak konsultan/perencanaan dalam bentuk laporan perencanaan tentang pekerjaan yang akan dilakukan.
5. Bagi para pengembang dan pemerintah hendaknya bisa bekerja sama dengan baik untuk merealisasikan perencanaan embung ini agar dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar sehingga dapat meningkatkan produktifitas pendapatan beras bagi Provinsi Sulawesi Tenggara.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Kabupaten Kolaka Timur (2018). *Kolaka Timur Dalam Angka 2018.* Kendari : BPS Propinsi Sulawesi Tenggara

Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kabupaten Kolaka Timur (2018)

Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2018), *Panduan Pembuatan Embung.* Jakarta (KP-Penunjang, 1986, Standar Perencanaan Irigasi, hal. 5).

Hadisusanto, Nugroho. (2010). *Aplikasi Hidrologi*. Malang: Jogja Mediautama

Simbolon, Bernas (2016). *Evaluasi Kapasitas Embung Hadudu Daerah Irigasi Hutabagasan Kabupaten Humbang Hasundutan, Medan, Sumatera Utara.* Universitas Medan Area

Hakim, Lukman (2019). *Analisa Kapasitas Tampung Waduk Manunggal Daya Terhadap Kebutuhan Air Irigasi Menggunakan Metode Ripple, Malang, Jawa Timur*. Institut Teknologi Nasional Malang

Indarto. (2016). *Hidrologi Metode Analisis dan Tool Untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai*. Jakarta: Bumi Aksara.