

# Optimasi Pola Tanam Menggunakan Program Linier (Waduk Batu Tegi, Das Way Sekampung, Lampung)

Anindita Hanalestari Setiawan, Nadjadji Anwar, Nastasia Festy Margini

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: ahanalestari@gmail.com, nadjadji@ce.its.ac.id

**Abstrak** –Waduk Batu Tegi terletak di DAS Way Sekampung, SWS Way Seputih-Way Sekampung, Batu Tegi, Kecamatan Air Naningan, Kabupaten Tanggamus, Lampung. Waduk ini berfungsi sebagai penyedia air untuk irigasi, penyedia air baku, dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Dengan keterbatasan volume air yang tersedia di waduk, dilakukan optimasi agar dapat mengoptimalkan kebutuhan air untuk irigasi yang menentukan intensitas tanam suatu lahan, air baku untuk sektor domestik dan non-domestik, dan potensi PLTA. Tujuan dari optimasi pola tanam adalah menentukan harga maksimal hasil panen yang dapat dihasilkan suatu lahan dengan jenis tanaman yang berbeda. Optimasi dalam kasus ini dilakukan dengan menggunakan program linier program bantu *Quantity Methods for Windows*. Perhitungan optimasi dengan pola tanam rencana dilakukan agar optimasi berupa intensitas tanam menghasilkan panen yang lebih maksimal jika dibandingkan dengan pola tanam eksisting

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa debit andalan 80% waduk yang terbesar adalah  $76,7 \text{ m}^3/\text{detik}$  yang terjadi pada Bulan Februari dan yang terkecil adalah  $4,30 \text{ m}^3/\text{detik}$  yang terjadi pada Bulan Oktober, model alternatif pola tanam yang menghasilkan luas lahan dan keuntungan hasil panen paling optimum adalah Alternatif 5, besar kebutuhan air untuk irigasi dari alternatif 5 adalah  $346,2 \times 10^6 \text{ m}^3$  dalam satu tahun, besar kebutuhan air untuk air baku saat kondisi jam puncak pada tahun 2010 adalah  $27,69 \text{ m}^3 \times 10^6 \text{ m}^3$  dan kebutuhan air untuk PLTA adalah  $734,8 \text{ m}^3 \times 10^6 \text{ m}^3$ , serta keuntungan maksimal yang didapatkan dari hasil produksi lahan sawah dengan menggunakan pola tanam alternatif 5 adalah Rp 1.890.843.057.506,00.

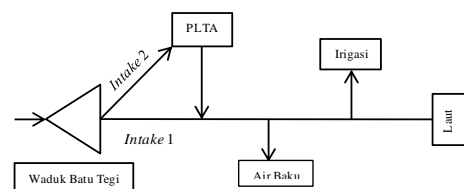
**Kata kunci** – Bendungan Batu Tegi, intensitas tanam, pola tanam, studi optimasi.

## I. PENDAHULUAN

KAPASITAS tampungan air Waduk Batu Tegi dipengaruhi oleh *inflow* dari Sungai Way Sekampung dengan volume efektif waduk adalah  $665 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Waduk Batu Tegi menyediakan 2.250 lt/dt air baku untuk air minum dan daya listrik sebesar 2 x 14 MW dari PLTA Batu Tegi. Karena dipengaruhi oleh musim kemarau dan kurangnya curah hujan, maka waduk mengalami kekurangan debit air. Diperlukan elevasi muka air setinggi 274 mdpl untuk dapat memenuhi kebutuhan irigasi

dengan lahan seluas 46.108 Ha yang mengairi 7 kabupaten/kota di Provinsi Lampung Sedangkan untuk keperluan PLTA diperlukan elevasi muka air setinggi 253 mdpl.

Kebutuhan akan hasil pertanian, energi listrik, dan air baku semakin meningkat dengan bertambahnya penduduk, oleh karena itu diperlukan peningkatan produksi pertanian, suplai energi listrik, dan sumber air baku. Salah satu upaya untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut, baik di musim hujan atau musim kemarau yang mempengaruhi ketersediaan air waduk, adalah dengan melakukan studi optimasi. Dampak terbesar dari ketersediaan air waduk berpengaruh pada hasil pertanian. Dari Waduk Batu Tegi, daerah irigasi yang diairi adalah Daerah Irigasi Sekampung dan Daerah Irigasi Seputih (Gambar 1). Dalam studi ini akan dilakukan optimasi Waduk Batu Tegi untuk menghitung intensitas tanam di Daerah Irigasi Sekampung dengan total luas area 46.108 Ha untuk menghasilkan nilai hasil panen maksimal. Untuk mengoptimasi volume waduk dalam pemenuhan kebutuhan irigasi akan digunakan *Linear Programming*. Berikut adalah skema keseimbangan air Waduk Batu Tegi:



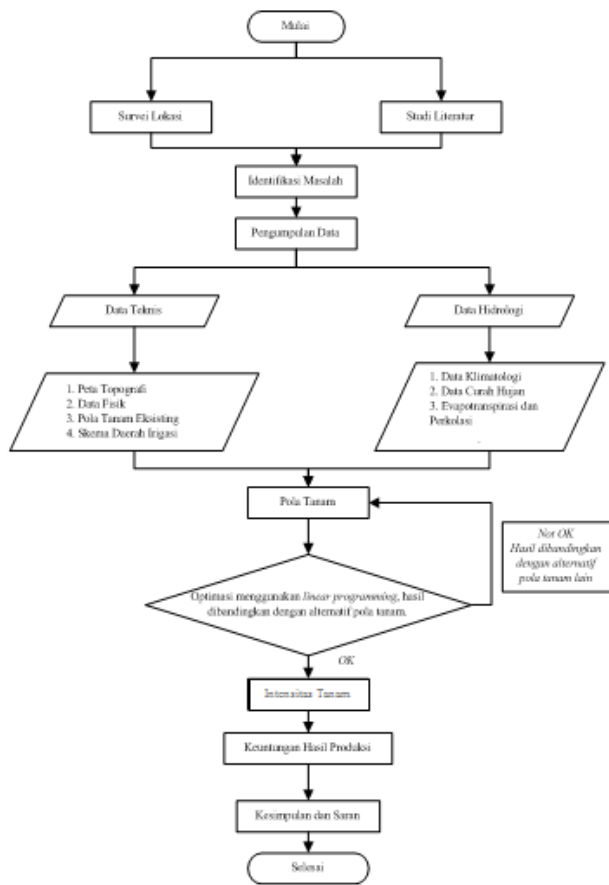
Gambar 1. Skema Keseimbangan Air Waduk (Sumber: Katalog Badan Pelaksana Proyek Bendungan Batu Tegi, 2014)

Tujuan yang didapat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung debit andalan Waduk Batu Tegi.
2. Menghitung kebutuhan air untuk kebutuhan irigasi dari tiap- tiap alternatif pola tanam.
3. Menghitung kebutuhan air untuk air baku dan PLTA.
4. Menghitung hasil produksi lahan sawah yang paling menguntungkan (Rp) setelah dilakukan optimasi pola tanam berdasarkan hasil luas tanam optimum.

II. METODE PENELITIAN

Berikut adalah diagram alir pengerjaan tugas akhir:



Gambar 2. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Analisis Ketersediaan Air Waduk

1. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Perhitungan evapotranspirasi dengan menggunakan metode Penman modifikasi<sup>[1]</sup>

memerlukan data temperatur udara, kelembapan relatif, kecepatan udara, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin suatu daerah. Berikut adalah perhitungan nilai evapotranspirasi potensial:

Tabel 1. Data Klimatologi dan Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

No	Parameter	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agus	Sep	Oktr	Nov	Des
<b>I</b>														
1	Suhu, T	(°C)	26.30	26.58	26.80	27.10	27.30	26.90	26.28	26.50	27.33	27.60	27.13	26.48
2	Lama Penyinaran, n	(%)	53.58	49.83	58.40	64.80	64.93	64.13	59.40	78.08	81.78	66.18	55.40	44.53
3	Ketebalan Relap, RH	(%)	82.75	81.75	80.75	81.25	80.75	80.50	80.50	75.75	72.00	74.50	80.25	84.00
4	Kecepatan angin, u	km/hari	200.02	145.20	137.79	137.79	152.60	160.01	189.64	210.39	214.83	168.90	146.68	128.90
		ms	2.52	1.68	1.59	1.59	1.77	1.85	2.19	2.44	2.49	1.95	1.70	1.49
		km/jam	8.33	6.05	5.74	5.74	6.36	6.67	7.90	8.77	8.95	7.04	6.11	5.37
<b>II</b>														
1	Tekanan uap jenuh, ea	(mbar)	34.02	34.81	35.28	35.91	36.33	35.49	34.18	34.65	36.12	36.96	35.96	34.60
2	Tekanan uap nyata, ea	(mbar)	28.15	28.46	28.49	29.18	29.34	28.57	27.51	26.25	26.00	27.54	28.86	29.06
3	Perbedaan tekanan uap, ea-ed	(mbar)	5.87	6.35	6.79	6.73	6.99	6.92	6.66	8.40	10.11	8.42	7.10	5.54
4	Fungsi angin, f(u)	mm/hari	0.81	0.66	0.64	0.64	0.68	0.70	0.78	0.84	0.85	0.73	0.67	0.62
5	W		0.75	0.75	0.75	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.76	0.76	0.76	0.75
6	Faktor Pembobot (1-W)		0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.25
7	Radasi ekstra terestrial, Ra		15.80	16.00	15.60	14.70	13.40	12.80	13.10	14.00	15.00	15.70	15.80	15.70
8	Radasi gelombang, Rs	mm/hari	8.18	7.99	8.46	8.44	7.70	7.30	7.17	8.97	9.88	9.12	8.33	7.42
9	Radasi netto gelombang, Rsn	mm/hari	2.65	2.00	2.11	2.11	1.02	1.81	1.79	2.24	2.47	2.28	2.08	1.84
10	Fungsitk. Uap nyata, f(ed)		0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10
11	fungsi perantara, f(uN)		0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14
12	fungsi suhu, f(T)		15.94	16.02	16.06	16.12	16.16	16.08	15.96	16.00	16.17	16.23	16.13	16.00
13	Radasi netto gelombang, Rnl	mm/hari	0.25	0.24	0.26	0.26	0.25	0.26	0.27	0.31	0.32	0.28	0.25	0.23
14	Radasi netto, Rn	mm/hari	1.79	1.75	1.86	1.85	1.67	1.56	1.52	1.93	2.15	2.00	1.83	1.62
15	Faktor koreksi, c		0.99	0.98	0.99	0.99	0.97	0.96	0.95	1.01	1.01	1.01	0.99	1.08
16	Potensial Evapotranspirasi, Eto	mm/hari	2.50	2.32	2.47	2.43	2.34	2.29	2.34	2.24	2.37	2.30	2.50	2.24

2. Perhitungan Debit Andalan

Perhitungan debit menggunakan debit operasional waduk yang bersumber dari data sekunder. Untuk menghitung debit andalan, ditetapkan peluang 80% dari debit inflow sumber air pada pencatatan debit dalam periode 2001-2010, seperti tabel berikut:

Tabel 2. Rekap Perhitungan Debit Andalan (m<sup>3</sup>/detik)

peringkat	Debit Operasional (m <sup>3</sup> /dt)											
	JAN		FEB		MAR		APR		MEI		JUNI	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	447.30	360.80	260.03	177.25	251.50	304.00	200.70	121.21	162.50	86.60	42.10	103.15
2	111.663	178.84	132.40	166.46	209.30	156.50	72.87	67.60	133.18	76.80	41.90	45.20
3	98.70	171.80	103.30	134.10	136.10	69.30	72.80	64.30	58.10	51.80	39.90	33.80
4	90.34	156.01	79.83	112.50	124.90	65.20	71.60	51.73	52.70	50.00	39.80	33.30
5	82.10	145.30	78.60	109.10	80.90	61.96	71.50	33.50	39.70	37.40	39.30	31.90
6	79.70	98.80	69.53	101.60	78.10	61.10	70.76	33.20	37.00	33.70	37.16	31.80
7	56.91	95.00	69.50	88.25	59.88	60.80	64.50	33.90	36.40	31.50	33.30	30.01
8	48.40	55.17	55.90	76.70	58.40	46.40	46.10	29.40	34.50	29.70	31.02	26.30
9	30.80	41.70	48.88	41.07	43.10	44.12	37.70	29.10	28.86	26.00	23.42	24.30
10	8.05	18.20	47.50	38.40	38.17	41.00	22.10	25.80	24.30	14.15	19.87	19.64
Debit Operasional (m <sup>3</sup> /dt)												
	JULI		AGS		SEPT		OKT		NOP		DES	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	49.24	46.56	48.17	50.29	30.50	76.45	30.55	21.78	86.20	106.47	123.90	319.40
2	36.00	37.70	27.80	21.20	19.60	43.20	29.45	19.95	82.80	42.10	107.30	253.30
3	35.30	30.70	27.40	20.85	18.70	41.35	21.50	15.80	70.90	35.90	62.34	232.40
4	32.80	30.30	21.90	19.50	18.20	28.90	15.60	13.5	37.50	31.70	57.80	123.90
5	32.30	28.80	21.70	19.00	17.10	21.40	11.67	13.20	17.55	30.58	44.60	94.80
6	32.00	28.25	20.02	17.50	15.80	17.70	11.25	12.60	11.90	22.70	36.10	68.78
7	30.00	28.20	19.20	17.40	15.50	17.40	9.8	9.70	11.50	20.52	25.15	53.80
8	23.73	27.40	19.10	14.30	15.20	12.8	8.23	4.30	7.48	12.60	23.10	37.40
9	23.15	23.46	17.80	14.30	12.60	11.80	5.40	3.20	5.97	10.60	18.70	34.97
10	18.20	18.90	11.70	9.10	4.90	10.30	4.15	1.74	2.75	2.90	11.70	22.95

B. Analisis Kebutuhan Air untuk Irigasi

1. Perhitungan Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang jatuh ke permukaan suatu daerah dan dapat digunakan tanaman untuk pertumbuhannya dalam memenuhi kehilangan air akibat evapotranspirasi, perkolasi, dan lain – lain. Perhitungan curah hujan efektif (Re 80) digunakan untuk kebutuhan tanaman padi dan palawija seperti tabel berikut:



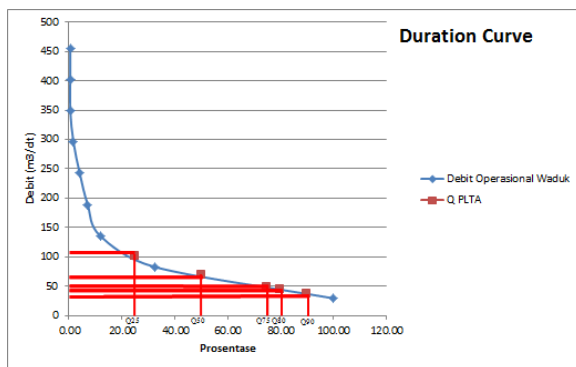
Tabel 8. Jumlah Kebutuhan Air Baku Penduduk Wilayah DAS Sekampung

Tahun	Rumah Tangga	Hidran	Sekolah	Pasar	Masjid	Total	TOTAL
	lt/dt	lt/dt	lt/dt	lt/dt	lt/dt	lt/dt	m <sup>3</sup> /det
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
2010	674.63	74.96	10.70	2.08	1.04	763.41	0.76
2011	681.10	75.68	10.74	2.08	1.04	770.64	0.77
2012	687.63	76.40	10.78	2.08	1.04	777.94	0.78
2013	694.22	77.14	10.83	2.08	1.04	785.31	0.79
2014	700.88	77.88	10.87	2.08	1.04	792.75	0.79
2015	707.60	78.62	10.91	2.08	1.04	800.25	0.80
2016	714.38	79.38	10.96	2.08	1.04	807.84	0.81
2017	721.23	80.14	11.00	2.08	1.04	815.49	0.82
2018	728.14	80.90	11.04	2.08	1.04	823.22	0.82
2019	735.13	81.68	11.08	2.08	1.04	831.02	0.83
2020	742.17	82.46	11.13	2.08	1.04	838.89	0.84

#### D. Analisis Kebutuhan Air untuk Potensi PLTA

##### 1. Lengkung Durasi

Lengkung durasi atau Duration Curve digunakan untuk menentukan debit air Q<sub>90</sub>, Q<sub>80</sub>, Q<sub>75</sub>, dan Q<sub>50</sub>. Berikut adalah lengkung durasi dari debit air waduk:



Gambar 3. Lengkung Durasi Debit PLTA

Dari hasil kurva di atas, didapatkan:

- Q<sub>90%</sub> = 37,32 m<sup>3</sup>/detik.
- Q<sub>80%</sub> = 45,24 m<sup>3</sup>/detik.
- Q<sub>75%</sub> = 49,20 m<sup>3</sup>/detik.
- Q<sub>50%</sub> = 69,01 m<sup>3</sup>/detik.

##### 5. Tinggi Jatuh Efektif, Heff

Tinggi jatuh adalah selisih antara elevasi dari permukaan air di *upstream* dan di *downstream* pada Bendungan. Elevasi *Upstream* Bendungan Batu Tegi berada pada ketinggian +274 mdpl, sedangkan *downstream* berada pada ketinggian +122 mdpl.

$$H_{\text{eff bruto}} = \text{Elevasi upstream} - \text{downstream}$$

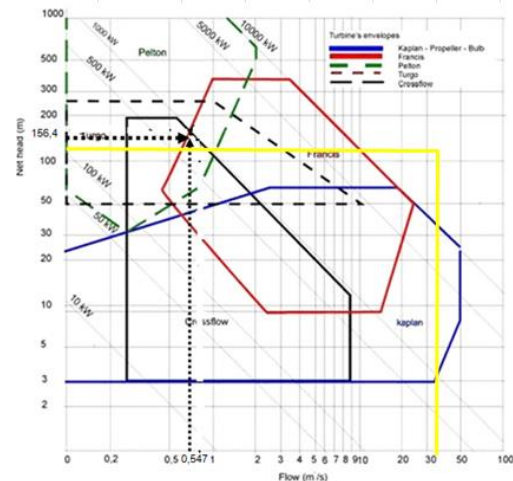
$$H_{\text{eff bruto}} = 253 - 122 = 131 \text{ m}$$

$$H_{\text{eff losses}} = 10\% \times H_{\text{eff bruto}} = 0,10 \times 131 = 13,1 \text{ m}$$

$$H_{\text{eff}} = H_{\text{eff bruto}} - H_{\text{eff losses}} = 131 - 13,1 = 117,9 \text{ m}$$

##### 6. Pemilihan Jenis Turbin

Jenis turbin ditentukan oleh tinggi jatuh efektif bendungan dan debit air di waduk. Pemilihan kategori jenis turbin yang dapat digunakan di PLTA Waduk Batu Tegi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemilihan Jenis Turbin Berdasarkan Tinggi Jatuh dan Debit PLTA

Berdasarkan Gambar 4, turbin yang dipilih dengan tinggi jatuh efektif 117,9 m dan debit air sebesar 37,32 m<sup>3</sup>/detik adalah Turbin Francis (efisiensi 85%).

##### 7. Daya Listrik

$$P = \eta \times \rho \times g \times H_{\text{eff}} \times Q_{90}$$

$$P_{90} = 0,85 \times 1 \times 9,8 \times 117,9 \times 37,32 = 36.652,2 \text{ kW.}$$

$$P_{80} = 0,85 \times 1 \times 9,8 \times 117,9 \times 45,24 = 44.430,5 \text{ kW.}$$

$$P_{75} = 0,85 \times 1 \times 9,8 \times 117,9 \times 49,20 = 48.319,7 \text{ kW.}$$

$$P_{50} = 0,85 \times 1 \times 9,8 \times 117,9 \times 69,01 = 67.775,2 \text{ kW.}$$

##### E. Energi Listrik

$$E = P \times t$$

$$= 36.652,2 \text{ kW} \times 365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 321.073.272 \text{ kWh.}$$

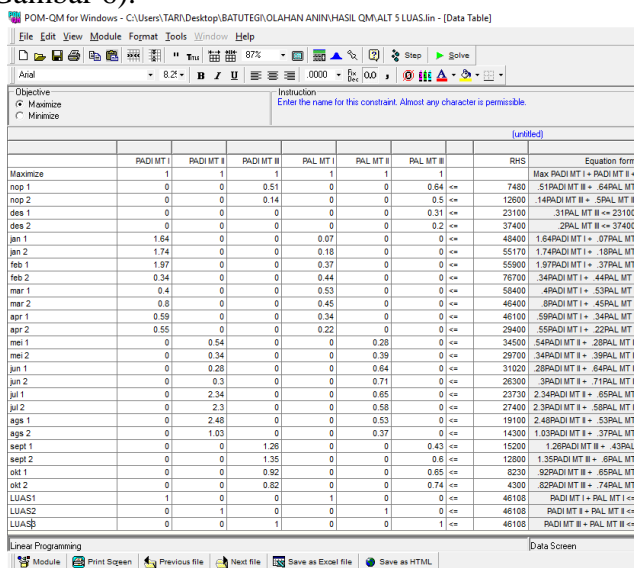
Jadi, energi listrik yang dihasilkan oleh PLTA Batu Tegi adalah 321.073.272 kWh = 321.073,3 mWh.

##### E. Optimasi Kebutuhan Air Irigasi dengan Program Linear

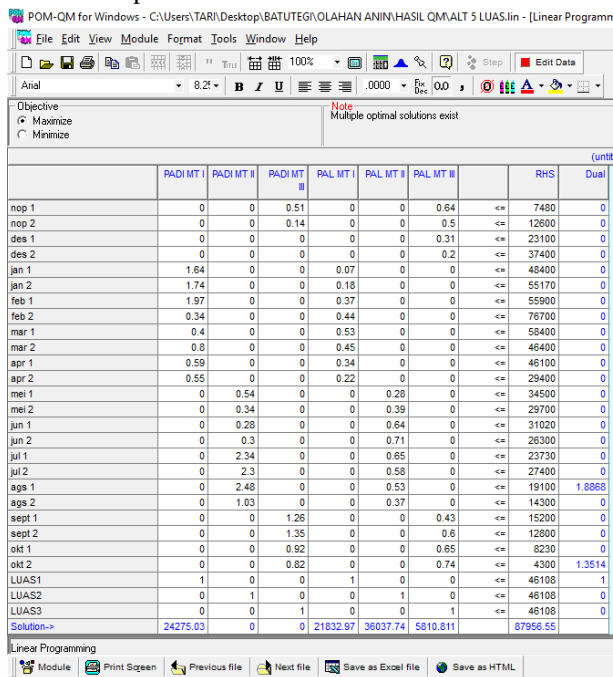
Optimasi yang dilakukan berupa pemilihan keputusan dari berbagai alternatif yang telah diperhitungkan berdasarkan kebutuhan air tanaman. Digunakan program aplikasi POM-QM

for Windows yang menggunakan tabel simpleks untuk membantu dalam pengoptimasian air waduk untuk irigasi. Metode simpleks mengiterasikan beberapa persamaan yang mewakili fungsi tujuan dan fungsi- fungsi kendala pada program linear yang telah disesuaikan menjadi bentuk standar<sup>[3]</sup>.

Hasil dari perhitungan Alternatif Pola Tanam 1 – 5 dimasukkan ke dalam tabel simpleks untuk dilakukan iterasi dengan menggunakan program bantu POM-QM (Gambar 5). Setelah memasukkan variabel, tekan “Solve” pada taskbar dan akan muncul hasil perhitungan optimasi pola tanam (Gambar 6).



Gambar 5. Model Optimasi Alternatif Pola Tanam 5 untuk Luas Optimum Masa Tanam Januari Periode 1



Gambar 6. Hasil Optimasi Luas Lahan Optimum pada Model Alternatif 5

Dari hasil optimasi menggunakan program bantu POM-QM, didapatkan luas lahan, intensitas tanam, dan harga hasil panen alternatif 1 – 5 yang ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Luas Lahan Pertanian dan Keuntungan Hasil Produksi Tiap Alternatif

ALT	Mujim Tanam	Luas Lahan (Ha)			Intensitas Tanam (%)			Produktivitas (kg/ha)			Harga (Rp)	
		Padi	Palauija	Padi	Palauija	Padi	Palauija	Padi	Palauija	Padi	Palauija	Total
1	Mujim Mujim	24933.33	0.00	54.00								
	Mujim Kambaru.1	12000.00	0.00	20.00	14.34	54.08	112.314	14066054	30581395.91	Rp 1.221.124.708.000.00	Rp 226.889.648.734.00	Rp 1.447.904.356.734.00
	Mujim Kambaru.2	18444.44	0.00	31.33	0.00							
2	Mujim Mujim	2278.47	45028.54	2.34	97.60							
	Mujim Kambaru.1	22098.11	0.00	37.00	0.00	33.22	87.66	149.860	128811796	5320248.58	Rp 1.094.896.756.000.00	Rp 408.859.217.200.00
	Mujim Kambaru.2	12545.98	0.00	27.24	0.00							
3	Mujim Mujim	7862.13	18725.87	36.21	63.98							
	Mujim Kambaru.1	6208.01	4848.48	20.21	8.33	43.19	88.71	154.866	15094203.5	5303428.88	Rp 1.282.942.154.750.00	Rp 862.814.966.530.00
	Mujim Kambaru.2	11531.53	0.00	25.21	0.00							
4	Mujim Mujim	12882.54	10277.46	34.89	65.11							
	Mujim Kambaru.1	11542.03	0.00	21.98	0.00	71.37	65.67	137.036	13055284.5	37150418.88	Rp 1.496.448.028.250.00	Rp 274.913.096.712.00
	Mujim Kambaru.2	4885.48	0.00	25.04	0.00							
5	Mujim Mujim	26276.00	21832.87	52.60	47.40							
	Mujim Kambaru.1	7701.61	0.00	36.76	0.00	138.08	47.35	175.428	189129889	26786054.39	Rp 1.692.604.056.500.00	Rp 398.228.061.006.00
	Mujim Kambaru.2	2343.92	0.00	11.37	0.00							

Dari perhitungan Tabel 9, berdasarkan luas lahan dan harga hasil panen dipilih Alternatif 5 yang menghasilkan harga hasil panen paling optimal dan lebih menguntungkan dari keuntungan eksisting.

Tabel 10. Total Kebutuhan Air Irigasi untuk Alternatif Pola Tanam 5

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Padi			Palauija			Total Q irigasi	Total Q irigasi	Total Kebutuhan Irigasi	
			DR	DR	Q perlu	DR	DR	Q perlu				
NOV	I	15	0.51	0.51	24275.03	12481.38	0.64	21832.97	4096.97	26560.38	26.56	
	II	15	0.14	0.14	24275.03	3365.30	0.50	21832.97	10856.10	14221.40	14.22	
DES	I	15	-0.07	0.00	24275.03	0.00	0.31	21832.97	6668.98	6668.98	6.67	
	II	16	-0.17	0.00	24275.03	0.00	0.20	21832.97	4285.91	4285.91	4.29	
JAN	I	15	1.64	1.64	24275.03	39857.24	0.07	21832.97	1455.34	41311.68	41.31	
	II	16	1.74	1.74	24275.03	42345.04	0.18	21832.97	8806.63	46232.02	46.23	
FEB	I	15	1.97	1.97	24275.03	47705.54	0.37	21832.97	8068.63	55774.16	55.77	
	II	14	0.34	0.34	24275.03	8162.60	0.44	21832.97	9973.30	17785.90	17.74	
MAR	I	15	0.80	0.80	24275.03	9655.97	0.53	21832.97	11486.76	21215.73	21.13	
	II	16	0.80	0.80	24275.03	19322.02	0.45	21832.97	29076.48	29106.40	40.20	
APR	I	15	0.59	0.59	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	
	II	15	0.55	0.55	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	
MAY	I	15	0.54	0.54	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	
	II	16	0.34	0.34	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	
JUN	I	15	0.28	0.28	0.00	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	
	II	15	0.30	0.30	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	
JUL	I	15	2.34	2.34	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	
	II	16	2.30	2.30	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	
AGU	I	15	2.48	2.48	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	
	II	16	1.03	1.03	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	
SEP	I	15	1.26	1.26	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	
	II	15	1.35	1.35	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	
OKT	I	15	0.92	0.92	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	
	II	16	0.82	0.82	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	
									MAX	55774.16	55.77	72.28
									MIN	0.00	0.00	0.00
									Jumlah	263003.02	263.00	346.20

Total kebutuhan air untuk irigasi dalam satu tahun masing-masing alternatif terdapat pada Tabel 11 berikut:

Tabel 11. Kebutuhan Air Untuk Irigasi pada Tiap Alternatif

Alternatif	Total Kebutuhan Irigasi juta m3/tahun
1	156.15
2	249.64
3	524.85
4	352.97
5	346.20

F. Analisis Water Balance Air Waduk

Perhitungan water balance berkaitan dengan kebutuhan air yang dikonsumsi dan ketersediaan air di waduk.

Jadi, jumlah air yang masuk ke suatu sistem badan air dikurangi dengan jumlah air yang keluar atau hilang dari sistem badan air tersebut, dan tampungan waduk yang tersimpan tidak boleh habis. Berikut adalah perhitungan water balance Waduk Batu Tegi yang terdapat pada Tabel 12

Tabel 12.

Perhitungan Water Balance Tampungn Waduk Batu Tegi

Tahun ke	Bulan	Pevaduk	No genangan	Zatuk saat	Q inflow			Q out			S-0	Tampungan waduk	Spill out
					debit sungai	PLTA	PLTA	Q out	air baku	Total Q out			
					1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	1	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	2	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	3	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	4	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	5	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	6	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	7	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	8	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	9	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	10	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	11	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
0	12	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	1	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	2	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	3	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	4	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	5	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	6	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	7	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	8	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	9	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	10	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	11	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	12	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	1	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	2	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	3	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	4	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	5	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	6	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	7	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	8	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	9	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	10	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	11	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	12	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	1	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	2	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	3	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	4	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	5	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	6	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	7	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	8	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	9	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	10	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	11	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	12	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

G. Hasil Optimasi

Analisis yang dilakukan terhadap optimasi pola tanam, perhitungan kebutuhan air baku, dan potensi PLTA menghasilkan nilai baru yang berpengaruh terhadap hasil keuntungan (RP), berikut adalah hasil yang didapatkan setelah melakukan perhitungan dalam studi ini:

Tabel 13.

Keuntungan Terhadap Hasil Panen, Air Baku, dan Listrik dari Waduk Batu Tegi

Jenis Produksi	Hasil Produktivitas	Harga	Satuan	Jumlah Harga
Hasil Panen padi	199129889	IDR 8.500,00	kg/ha	IDR 1.692.604,05
palawija	26789054,19	IDR 7.400,00	kg/ha	IDR 198.239,00
Air Baku	24070000	IDR 1.250,00	m3	IDR 30.087,50
Listrik	321073272	IDR 8,36	kWh	IDR 2.683,08
			TOTAL	IDR 1.923.613,63

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa keuntungan hasil panen dari optimasi menggunakan alternatif pola tanam 5, yaitu Rp 1.890.843.058, 00 menghasilkan nilai keuntungan sebesar 100% lebih besar jika dibandingkan dengan nilai keuntungan eksisting (Tabel 4.24). Sedangkan hasil keuntungan dari air baku dan daya listrik yang dihasilkan PLTA yang telah dihitung berdasarkan data harga dan satuan dari ‘Berita Resmi Statistik, BPS Lampung 2015’ menghasilkan keuntungan sebesar Rp 30.087.500,00 dan Rp 2.683.080.904,80 dalam satu tahun.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari debit operasional waduk selama sepuluh tahun, didapatkan debit andalan 80% terbesar adalah 76,70 m3/detik yang terjadi pada Bulan Februari, sedangkan debit andalan yang terkecil adalah 4,30 m3/detik yang terjadi pada Bulan Oktober untuk memenuhi kebutuhan irigasi, air baku, dan potensi PLTA.

- 2) Besar kebutuhan air untuk kebutuhan irigasi dari tiap-tiap alternatif pola tanam dalam satu tahun adalah sebagai berikut:

- Alternatif pola tanam 1 = 156,15 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.
- Alternatif pola tanam 2 = 249,64 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.
- Alternatif pola tanam 3 = 524,85 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.
- Alternatif pola tanam 4 = 352,97 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.
- Alternatif pola tanam 5 = 346,20 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

- 3) Alternatif pola tanam yang paling optimal adalah alternatif pola tanam 5, karena menghasilkan model optimasi dengan luas lahan dan keuntungan (Rp) paling maksimal.

- 4) Besar kebutuhan untuk air baku pada tahun 2010 saat kondisi normal adalah sebesar 24,07 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, sedangkan saat kondisi jam puncak adalah 42,13 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Besar kebutuhan air untuk potensi PLTA tahun 2010 dengan menggunakan debit andalan 90% sebesar 37,3 m<sup>3</sup>/detik adalah 734,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> yang dapat menghasilkan energi listrik sebesar 321.073,3 mWh dan menggunakan daya terpasang 2x19 mW.

- 5) Dari alternatif 5, dihasilkan intensitas tanam padi sebesar 128,08% dan intensitas tanam palawija sebesar 47,35% dalam satu tahun. Dengan intensitas tanam tersebut, dihasilkan keuntungan hasil panen sebesar Rp 1.890.843.057.506,00.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tumiar, Katarina Manik, 2012. “Evaluasi Metode Penman-Monteith dalam Menduga Laju Evapotranspirasi Standar di Dataran Rendah Propinsi Lampung, Indonesia”. Jurnal Keteknikan Pertanian, 26:2.
- [2] Departemen Pekerjaan Umum. 1986. Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01. Jakarta: Dirjen Pengairan.
- [3] Margini, Nastasia Festy., Anwar, Nadjadji., Sarwono Bambang. 2016."Optimasi Air Waduk Lider Untuk Irigasi menggunakan Goal Programming"., Sentra : Universitas Malang Prosiding.
- [4] Anwar, Nadjadji. 2001. Analisa Sistem Untuk Teknik Sipil. Surabaya: Teknik Sipil ITS.