

STUDI OPTIMASI PEMANFAATAN WADUK WAY APU DI PROVINSI MALUKU UNTUK JARINGAN IRIGASI, KEBUTUHAN AIR BAKU, DAN POTENSI PLTA

Radita Ahadunnisa, Nadjadi Anwar dan Nastasia Festy Margini.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: ditadunnisa@gmail.com

Abstrak - Waduk Way Apu terletak di aliran Sungai Way Apu dan masuk wilayah Kecamatan Waeapo di Pulau Buru, Provinsi Maluku. Secara geografis sesuai dengan koordinat UTM, Waduk Way Apu terletak di koordinat X = 260630,764 dan Y = 9608598. Waduk Way Apu mampu mengairi 5726 ha sawah padi. Waduk Way Apu direncanakan mampu untuk memenuhi kebutuhan irigasi, air baku, dan potensi PLTA.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut diatas, perlu adanya studi optimasi Waduk Way Apu untuk pemanfaatan irigasi, kebutuhan air baku, dan potensi PLTA. Dengan adanya studi optimasi dapat diketahui pengaturan cara pemberian air yang baik dan pengaturan pola tanam. Hal tersebut ditindaklanjuti dengan studi optimasi antara pola tanam dan kebutuhan air baku serta potensi PLTA sehingga fungsi dari Waduk Way Apu dapat digunakan secara optimal. Untuk analisa ini digunakan program linier dengan program bantu POM-QM for Windows 3.

Dari hasil analisa yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan yaitu Debit andalan yang digunakan untuk menghitung besar kebutuhan air adalah Debit Andalan 80% terbesar adalah 21.27 m³/detik dan Debit Andalan 80% terkecil adalah 0.95 m³/detik, Alternatif Pola Tanam yang paling optimal adalah Alternatif Pola Tanam 1 dengan masa awal tanam Nopember 1, besar kebutuhan air untuk kebutuhan air baku pada tahun 2012 pada kondisi jam puncak adalah sebesar 44.67 liter/detik, dan besar energi yang dihasilkan dari perhitungan potensi PLTA didapatkan daya sebesar 152.16 kW dengan Debit Andalan 90% sebesar 2.47 m³/detik.

Kata kunci: Waduk Way Apu, Optimasi, Irigasi, PLTA, Air Baku, Program Linier.

I. PENDAHULUAN

Waduk Way Apu terletak di aliran Sungai Way Apu dan masuk wilayah Kecamatan Waeapo di Pulau Buru, Provinsi Maluku, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Secara geografis sesuai dengan koordinat UTM, Waduk Way Apu terletak di koordinat X = 260630,764 dan Y = 9608598. Waduk Way Apu mampu mengairi 5726 ha sawah padi. Waduk Way Apu direncanakan mampu untuk memenuhi kebutuhan irigasi, air baku, dan potensi PLTA.

Sektor pertanian memegang peranan penting dalam memberikan kontribusi bagi pendapatan di Kecamatan Waeapo. 92 dari 111 unit usaha yang ada di Kecamatan Waeapo adalah Unit Usaha Industri Hasil Pertanian, sehingga produktivitasnya perlu terus ditingkatkan. Ketersediaan air pada musim hujan mengalami peningkatan karena debit air yang melimpah namun ketersediaan air pada musim kemarau mengalami penurunan. Hal tersebut mengakibatkan Sungai Way Apu masih belum bisa memasok kebutuhan air irigasi untuk lahan pertanian secara optimal.

Jumlah penduduk Kecamatan Waeapo pada tahun 2010 adalah 34.153 jiwa dan pada tahun 2012 meningkat menjadi 37095 jiwa. Seiring dengan bertambahnya penduduk di Kecamatan Waeapo mengakibatkan kebutuhan air baku dan kebutuhan akan listrik semakin meningkat. Ada 11 desa dari 32 desa yang ada di Kecamatan Waeapo yang masih belum memiliki fasilitas listrik.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut diatas, perlu adanya studi optimasi Waduk Way Apu untuk pemanfaatan irigasi, kebutuhan air baku, dan potensi PLTA. Dengan adanya studi optimasi dapat diketahui pengaturan cara pemberian air yang baik dan pengaturan pola tanam. Hal tersebut ditindaklanjuti dengan studi optimasi antara pola tanam dan kebutuhan air baku serta potensi PLTA sehingga fungsi dari Waduk Way Apu dapat digunakan secara optimal. Untuk analisa ini digunakan program linier dengan program bantu POM-QM for Windows 3.

Permasalahan utama:

Berapa besar debit inflow andalan dari Waduk Way Apu sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan irigasi, kebutuhan air baku, dan potensi PLTA?

Detail permasalahan:

1. Berapa besar kebutuhan air untuk kebutuhan irigasi dari tiap – tiap alternatif pola tanam?
2. Berapa besar kebutuhan air untuk kebutuhan air baku?
3. Berapa besar potensi PLTA yang dapat dihasilkan?

II. METODOLOGI

Diagram Alir

Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir Berikut ini merupakan diagram alir dalam pengerjaan Tugas Akhir ini:



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Diagram Alir Optimasi Linier Programming

Berikut ini merupakan diagram alir optimasi linier programming untuk mendapatkan alternatif pola tanam yang paling optimal:



Gambar 2. Diagram Alir Optimasi Linier Programming

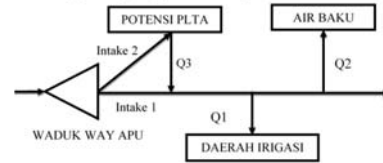
Keterangan:

Fungsi tujuan = untuk memaksimalkan luas areal tanam yang dapat ditanami oleh tanaman pada setiap musimnya.

Fungsi kendala = batasan atau kendala seperti debit air dan luas areal tanam yang tersedia.

Skema Keseimbangan Air Waduk

Berikut ini merupakan skema keseimbangan air waduk dalam pengerjaan tugas akhir ini:



Gambar 3. Skema Keseimbangan Air Waduk

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Debit Andalan

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Perhitungan Evapotranspirasi menggunakan metode Penman Modifikasi yang melibatkan temperatur udara, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin. Berikut ini merupakan Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Tahun 2012:

Tabel 1. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Tahun 2012.

No	Jenis Data	Satuan	Bulan																			
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Sept	Okt	Nov	Des								
1	Data																					
2	Tinggi Rata - Rata (T)	°C	26.30	26.70	26.40	26.50	26.50	25.80	24.60	24.70	26.50	27.20	27.80	27.20								
3	Panasan Maksimal Rata - Rata	%	66.00	66.00	33.00	74.00	60.00	47.00	40.00	72.00	78.00	84.00	86.00	84.00								
4	Kelembaban Rata Rata - Rata (RH)	%	80.00	60.00	67.00	67.00	65.00	65.00	65.00	66.00	65.00	65.00	65.00	65.00								
5	Kecepatan Angin (U)	km/h	3.54	3.54	3.54	3.54	2.57	2.57	2.57	3.88	2.57	2.57	2.57	2.57								
6	Kelembaban Rata Rata - Rata (RH)	%	5.55	5.55	5.55	5.55	8.28	8.28	8.28	11.88	8.28	8.28	8.28	8.28								
7	Kelembaban Rata Rata - Rata (RH)	km/h	133.33	133.33	133.33	133.33	222.60	222.60	222.60	222.60	222.60	222.60	222.60	222.60								
8	Perhitungan																					
9	Tekanan uap air (e)	mmHg	34.23	35.97	34.44	34.65	34.65	33.23	32.84	31.13	34.65	36.12	37.38	36.12								
10	Tekanan uap air (e)	mmHg	30.12	29.81	29.96	28.07	29.42	27.57	28.24	24.53	27.72	28.53	29.28	28.53								
11	Perhitungan (e - ea)	mmHg	4.11	6.16	4.48	6.18	5.23	5.61	4.68	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48								
12	Perhitungan (1 - W)	mmHg	0.63	0.63	0.63	0.63	0.87	0.87	0.87	0.99	0.87	0.87	0.87	0.87								
13	Perhitungan (1 - W)	mmHg	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54								
14	Perhitungan (1 - W)	mmHg	14.30	14.00	14.30	14.30	14.00	14.00	14.00	14.00	14.30	14.30	14.30	14.30								
15	Perhitungan (1 - W)	mmHg	4.28	4.28	4.43	4.43	4.21	4.36	4.21	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28								
16	Perhitungan (1 - W)	mmHg	3.07	3.18	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03								
17	Perhitungan (1 - W)	mmHg	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11								
18	Perhitungan (1 - W)	mmHg	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14								
19	Perhitungan (1 - W)	mmHg	15.96	16.04	15.96	16.00	15.88	15.88	15.88	15.88	16.00	16.14	16.26	16.14								
20	Perhitungan (1 - W)	mmHg	1.11	1.13	1.04	1.35	1.05	0.93	0.89	1.40	1.43	1.05	1.41	1.21								
21	Perhitungan (1 - W)	mmHg	1.10	1.10	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00	1.10	1.10	1.15	1.15								
22	Perhitungan (1 - W)	mmHg	1.49	1.74	1.41	1.75	1.75	1.64	2.10	2.43	2.59	2.54	2.53									

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berikut ini merupakan rekap perhitungan evapotranspirasi potensial tahun 2003 – 2012:

Tabel 2. Rekap Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Tahun 2003 – 2012.

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2003	3.90	2.32	2.33	2.34	2.87	3.01	2.61	3.44	5.46	4.39	3.62	2.59
2004	2.23	2.07	2.06	2.17	2.20	2.80	4.13	4.28	4.62	3.93	3.10	3.03
2005	2.22	1.99	2.47	2.13	3.08	2.56	2.73	3.95	5.02	3.56	3.60	6.90
2006	2.23	2.25	2.49	2.12	2.21	2.16	3.08	4.87	5.27	5.09	3.89	3.63
2007	2.21	2.43	2.40	2.55	2.45	2.17	3.20	3.89	4.37	4.05	2.86	2.54
2008	2.13	1.96	1.90	2.14	2.69	1.82	2.08	1.52	1.97	2.05	2.58	1.60
2009	1.48	1.75	1.76	2.35	1.83	1.52	2.37	2.73	3.10	3.26	3.17	1.99
2010	2.13	1.96	1.90	2.14	2.69	1.82	2.08	1.52	1.97	2.05	2.58	1.60
2011	1.59	1.63	1.59	2.50	1.32	1.73	2.08	3.81	2.66	2.11	2.20	1.62
2012	1.49	1.74	1.41	1.79	1.75	1.73	1.64	2.10	2.43	2.59	2.34	3.13
Rata - Rata	2.16	2.01	2.02	2.22	2.31	2.13	2.60	3.21	3.63	3.31	2.99	2.86

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perhitungan Debit Aliran Rendah

Perhitungan debit aliran rendah menggunakan metode F.J. Mock dengan pendekatan

Studi Optimasi Pemanfaatan Waduk Way Apu di Provinsi Maluku untuk Jaringan Irigasi, Kebutuhan Air Baku, dan Potensi PLTA

perhitungan aliran permukaan yang terjadi di sungai. Berikut ini merupakan perhitungan debit aliran rendah pada tahun 2012:

Tabel 3. Perhitungan Debit Aliran Rendah Tahun 2012.

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUNI
2012	1856	1754	2242	2177	2241	1870

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. Rekap Perhitungan Debit Aliran Rendah Tahun 2003 – 2012.

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUNI
2003	3691	1856	1754	2242	2177	2241
2004	2109	1992	1829	2317	2201	1474
2005	2806	3628	3211	1244	1944	1747
2006	2499	2744	2646	2272	1937	1143
2007	2346	3318	1658	1589	1264	1632
2008	1997	1655	2028	2294	2628	1671
2009	2714	2574	1635	1840	2743	2126
2010	2127	1766	1639	3410	2180	2105
2011	1728	2165	1429	1876	1649	1876
2012	1856	1754	2242	2177	2241	1870

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perhitungan Debit Andalan

Debit Andalan yang ditetapkan adalah Debit Andalan 80% yang berarti akan dihadapi resiko adanya debit – debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% pengamatan. Berikut ini merupakan rekap debit andalan:

Tabel 5. Rekap Perhitungan Debit Andalan (m³/detik)

NO	JAN						FEB						MAR						APRIL						MEI						JUNI					
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III						
1	1856	1754	2242	1483	1402	1793	1165	1102	1393	904	857	1093	716	681	871	477	453	581	319	305	393	211	201	259	127	121	156	86	82	106						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

2. Analisa Kebutuhan Air untuk Irigasi

Perhitungan Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif merupakan curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan tanaman untuk pertumbuhannya untuk memenuhi kehilangan air akibat evapotranspirasi tanaman, perkolasi dan lain – lain. Berikut ini merupakan perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi dan polowijo:

Tabel 6. Perhitungan Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Padi (mm/hari)

PERINGAT	JAN			FEB			MARE			APRIL			MEI			JUNI		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	200,0	200,0	101,0	200,0	150,0	124,0	100,0	131,0	134,0	110,0	120,0	100,0	65,0	110,0	90,0	120,0	90,0	120,0

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 6. Perhitungan Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Padi (mm/hari)

Bulan	Periode	50% Re 80		Re		Eto		Re pol		Re pol	
		mm/10 hari	mm/bulan	mm/bulan	mm/bulan	mm/10 hari	mm/10 hari	mm/10 hari	mm/10 hari		
Jan	I	2	25,00	4	5	6	7	8	0,91		
	II	15,00	55,00	64,86	27,18	0,91	0,91				
	III	15,00									

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perhitungan Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan

Perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan menggunakan metode *Van de Goor & Zijlstra* (1968) yang dipengaruhi oleh evapotranspirasi potensial dan perkolasi. Berikut ini merupakan perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan:

Tabel 7. Perhitungan Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan.

NO	PARAMETER	SATUAN	BULAN											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Sept	Okt	Nop	Des
1	Eto	mm/hari	2,16	2,01	2,02	2,22	2,31	2,13	2,60	4,21	3,63	3,31	2,99	2,86
2	Eo = 1 x Eto	mm/hari	2,38	2,21	2,22	2,44	2,54	2,34	2,86	3,53	3,99	3,64	3,29	3,15
3	Perkolasi	mm/hari	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
4	M = Eo + P	mm/hari	4,38	4,21	4,22	4,44	4,54	4,34	4,86	5,53	5,99	5,64	5,29	5,15
5	T	hari	31,00	29,00	31,00	30,00	31,00	30,00	30,00	31,00	31,00	31,00	30,00	31,00
6	S	mm	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	
7	K = M x T / S	mm	0,45	0,41	0,44	0,44	0,47	0,43	0,50	0,57	0,60	0,58	0,53	0,53
8	IR = (M - K) / (k - 1)	l/hari	1,39	1,46	1,38	1,43	1,40	1,43	1,42	1,47	1,54	1,48	1,49	1,44

(Sumber: Hasil Perhitungan)

3. Perhitungan Alternatif Pola Tanam

Musim tanam pada studi optimasi ini adalah sebagai berikut:

Musim Tanam Hujan : November – Februari

Musim Tanam Kemarau I : Maret – Juni
Musim Tanam Kemarau II : Juli – Oktober
Alternatif pola tanam pada studi optimasi ini adalah sebagai berikut:

1. Alternatif 1 : Awal masa tanam pada bulan November I
2. Alternatif 2 : Awal masa tanam pada bulan November II
3. Alternatif 3 : Awal masa tanam pada bulan November III
4. Alternatif 4 : Awal masa tanam pada bulan Desember I
5. Alternatif 5 : Awal masa tanam pada bulan Desember II
6. Alternatif 6 : Awal masa tanam pada bulan Desember III

Berikut ini merupakan perhitungan Alternatif Pola Tanam 1 dengan masa tanam November 1:

Tabel 8. Perhitungan Alternatif Pola Tanam 1

Bulan	Tahun	SR	HU	Pendidikan	Pasar	Perkantoran	Puskesmas	Jumlah
Nov	2012	21.04	3.86	0.41	0.15	0.05	0.02	25.53
Nov	2013	21.64	3.98	0.42	0.16	0.04	0.02	26.26
Nov	2014	22.27	4.09	0.43	0.16	0.05	0.02	27.02
Nov	2015	22.91	4.21	0.44	0.17	0.05	0.02	27.79
Nov	2016	23.57	4.33	0.46	0.17	0.05	0.02	28.59
Nov	2017	24.25	4.45	0.47	0.18	0.05	0.02	29.42
Nov	2018	24.94	4.58	0.48	0.18	0.05	0.02	30.26
Nov	2019	25.66	4.71	0.50	0.19	0.05	0.02	31.13
Nov	2020	26.40	4.85	0.51	0.19	0.05	0.02	32.03
Nov	2021	27.16	4.99	0.53	0.20	0.05	0.02	32.95
Nov	2022	27.94	5.13	0.54	0.21	0.06	0.02	33.90

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4. Analisa Kebutuhan Air untuk Air Baku
Proyeksi Jumlah Penduduk
Perhitungan proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Waeapo menggunakan metode aritmatik dan geometrik. Berikut ini merupakan perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Waeapo dari tahun 2012 hingga tahun 2100:

Tabel 9. Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Waeapo.

Tahun	n	Metode Geometrik
		$P_n = 37093 \cdot (1 + 0.0288)^n$
		Jiwa
1	2	3
2012	0	37093.00
2013	1	38161.28
2014	2	39260.32
2015	3	40391.02
2016	4	41554.28
2017	5	42751.05
2018	6	43982.28
2019	7	45248.96
2020	8	46552.14
2021	9	47892.84
2022	10	49272.15

(Sumber: Hasil Perhitungan)

5. Perhitungan Kebutuhan Air Baku
Perhitungan kebutuhan air baku meliputi sektor Domestik (Sambungan Rumah Tangga dan Hidran Umum) dan sektor Non-Domestik (Fasilitas pendidikan, pasar, perkantoran, dan puskesmas). Berikut ini adalah jumlah kebutuhan air baku Kecamatan Waeapo untuk tahun 2012 – 2100:

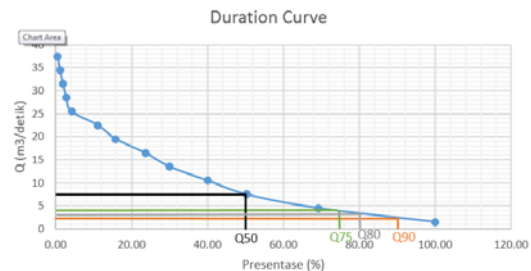
Tabel 10. Jumlah Kebutuhan Air Baku Kecamatan Waeapo untuk Tahun 2012 - 2100

Tahun	SR	HU	Pendidikan	Pasar	Perkantoran	Puskesmas	Jumlah
	lt/detik	lt/detik	lt/detik	lt/detik	lt/detik	lt/detik	lt/detik
1	2	3	4	5	6	7	8
2012	21.04	3.86	0.41	0.15	0.05	0.02	25.53
2013	21.64	3.98	0.42	0.16	0.04	0.02	26.26
2014	22.27	4.09	0.43	0.16	0.05	0.02	27.02
2015	22.91	4.21	0.44	0.17	0.05	0.02	27.79
2016	23.57	4.33	0.46	0.17	0.05	0.02	28.59
2017	24.25	4.45	0.47	0.18	0.05	0.02	29.42
2018	24.94	4.58	0.48	0.18	0.05	0.02	30.26
2019	25.66	4.71	0.50	0.19	0.05	0.02	31.13
2020	26.40	4.85	0.51	0.19	0.05	0.02	32.03
2021	27.16	4.99	0.53	0.20	0.05	0.02	32.95
2022	27.94	5.13	0.54	0.21	0.06	0.02	33.90

(Sumber: Hasil Perhitungan)

6. Analisa Kebutuhan Air untuk Potensi PLTA
Lengkung Durasi

Lengkung Durasi atau Duration Curve digunakan untuk menentukan Debit Air Q₉₀, Q₈₀, Q₇₅, dan Q₅₀ yang kemudian dipakai sebagai Q turbin. Berikut ini adalah Lengkung Durasi:



Gambar 4. Grafik Lengkung Durasi

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Grafik Lengkung Durasi diatas, didapatkan:

- Debit Air Q₉₀ = 2.47 m³/detik
- Debit Air Q₈₀ = 3.45 m³/detik
- Debit Air Q₇₅ = 3.93 m³/detik
- Debit Air Q₅₀ = 7.58 m³/detik

Tinggi Jatuh Efektif, H_{eff}

Tinggi jatuh efektif didapatkan dari selisih antara elevasi dari permukaan air di *upstream* dan di *downstream*.

Elevasi *upstream* = +58.98

Elevasi *downstream* = +50.00

Studi Optimasi Pemanfaatan Waduk Way Apu di Provinsi Maluku untuk Jaringan Irigasi, Kebutuhan Air Baku, dan Potensi PLTA

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

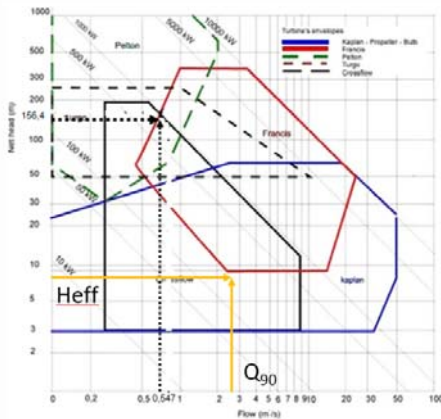
$$H_{\text{eff bruto}} = +58.98 - (+50.00) = 8.98 \text{ m}$$

$$H_{\text{eff losses}} = 10\% \times H_{\text{eff bruto}} = 0.10 \times 8.98 = 0.898 \text{ m}$$

$$H_{\text{eff}} = H_{\text{eff bruto}} - H_{\text{eff losses}} = 8.98 - 0.898 = 8.082 \text{ m}$$

Tekanan maksimal 10% dari Head bruto (Patty, 1995).

Pemilihan Jenis Turbin



Gambar 5.2. Pemilihan jenis turbin

Berdasarkan Grafik pada Gambar 5.2. Turbin yang dipilih dengan Tinggi jatuh efektif 8.98 m dan besar debit air 2.47 m³/detik adalah Turbin Kaplan.

Spesifikasi dari Turbin Kaplan:
Efisiensi turbin, $\eta = 70\% = 0.70$

Daya Listrik

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

$$P_{90} = 0.70 \times 1 \times 9.8 \times 2.47 \times 8.082 = 136.94 \text{ kW}$$

$$P_{80} = 0.70 \times 1 \times 9.8 \times 3.45 \times 8.082 = 191.28 \text{ kW}$$

$$P_{75} = 0.70 \times 1 \times 9.8 \times 3.93 \times 8.082 = 217.89 \text{ kW}$$

$$P_{50} = 0.70 \times 1 \times 9.8 \times 7.58 \times 8.082 = 420.25 \text{ kW}$$

Energi Listrik

$$E = P \times t$$

$$E_{90} = 136.94 \text{ kW} \times 365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} = 1199594.4 \text{ kWh}$$

$$E_{80} = 191.28 \text{ kW} \times 365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} = 1675612.8 \text{ kWh}$$

$$E_{75} = 217.89 \text{ kW} \times 365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} = 1908716.4 \text{ kWh}$$

$$E_{50} = 420.25 \text{ kW} \times 365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} = 3681390 \text{ kWh}$$

7. Optimasi Kebutuhan Air Irigasi dengan Linier Programming

Permodelan Optimasi digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam pemanfaatan air yang ada dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar hasil pengoptimasian dengan eksisting. Pada optimasi ini memiliki nilai suatu fungsi agar beberapa variable yang ada menjadi maksimum dengan memperhatikan kendala – kendala yang ada. Dalam studi optimasi ini menggunakan persamaan linier dengan menggunakan program aplikasi POM-QM for Windows 3. Berikut ini adalah Model optimasi dan hasil optimasi dari Alternatif Pola Tanam 1:

	K1	K2	K3	K4	K5	Right Hand Side	Equation Form
Maximize	1	1	1	1	1	800	Max $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5$
Constraint 1	0	0	0	0	1	1445.96	$2.522X_1 + 8Y_1 \leq 1445.96$
Constraint 2	0	0	0	0	1	1330.28	$2.85X_1 + 8Y_1 \leq 1330.28$
Constraint 3	0	0	0	0	1	1223.08	$2.85X_1 + 8Y_1 \leq 1223.08$
Constraint 4	0	0	0	0	1	1125.95	$88X_1 + 8Y_1 \leq 1125.95$
Constraint 5	0	0	0	0	1	1035.00	$81X_1 + 8Y_1 \leq 1035.00$
Constraint 6	0	0	0	0	1	953.01	$1.5X_1 + 8Y_1 \leq 953.01$
Constraint 7	0	0	0	0	1	21271.55	$53X_1 + 8Y_1 \leq 21271.55$
Constraint 8	0	0	0	0	1	18304.08	$87X_1 + 8Y_1 \leq 18304.08$
Constraint 9	0	0	0	0	1	16581.90	$43X_1 + 8Y_1 \leq 16581.90$
Constraint 10	0	0	0	0	1	18404.90	$8Y_1 \leq 18404.90$
Constraint 11	0	0	0	0	1	16781.90	$8Y_1 \leq 16781.90$
Constraint 12	0	0	0	0	1	16320.81	$8Y_1 \leq 16320.81$
Constraint 13	2.381	0.04	0	0	0	10096.86	$2.381X_2 + 0.04Y_2 \leq 10096.86$
Constraint 14	1.98	0.05	0	0	0	12402.21	$1.98X_2 + 0.05Y_2 \leq 12402.21$
Constraint 15	2.32	0.05	0	0	0	9053.66	$2.32X_2 + 0.05Y_2 \leq 9053.66$
Constraint 16	0.99	0.05	0	0	0	8329.36	$0.99X_2 + 0.05Y_2 \leq 8329.36$
Constraint 17	0.7	0.05	0	0	0	7863.01	$0.7X_2 + 0.05Y_2 \leq 7863.01$
Constraint 18	0.87	0.05	0	0	0	7549.87	$0.87X_2 + 0.05Y_2 \leq 7549.87$
Constraint 19	1.18	0.05	0	0	0	6485.56	$1.18X_2 + 0.05Y_2 \leq 6485.56$
Constraint 20	0.82	0.07	0	0	0	5987.1	$0.82X_2 + 0.07Y_2 \leq 5987.1$
Constraint 21	0.83	0.07	0	0	0	5489.73	$0.83X_2 + 0.07Y_2 \leq 5489.73$
Constraint 22	0.4	0.05	0	0	0	5294.32	$0.4X_2 + 0.05Y_2 \leq 5294.32$
Constraint 23	0.45	0.04	0	0	0	4648.51	$0.45X_2 + 0.04Y_2 \leq 4648.51$
Constraint 24	0.36	0.04	0	0	0	4274.79	$0.36X_2 + 0.04Y_2 \leq 4274.79$
Constraint 25	0	0	2.422	0.05	0	3932.8	$2.422X_3 + 0.05Y_3 \leq 3932.8$
Constraint 26	0	0	2.37	0.05	0	3818.18	$2.37X_3 + 0.05Y_3 \leq 3818.18$
Constraint 27	0	0	2.55	0.07	0	3328.73	$2.55X_3 + 0.07Y_3 \leq 3328.73$
Constraint 28	0	0	2.55	0.07	0	3328.73	$2.55X_3 + 0.07Y_3 \leq 3328.73$

Gambar 5. Model Optimasi Alternatif Pola Tanam 1
(Sumber: Input POM-QM for Windows 3)

	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	Result	Constraint
Constraint 13	0	0	2.381	0.04	0	0	10096.86	0
Constraint 14	0	0	1.98	0.05	0	0	9053.66	0
Constraint 15	0	0	2.32	0.05	0	0	8329.36	0
Constraint 16	0	0	0.99	0.05	0	0	7549.87	0
Constraint 17	0	0	0.7	0.05	0	0	6485.56	0
Constraint 18	0	0	0.87	0.05	0	0	5987.1	0
Constraint 19	0	0	1.18	0.05	0	0	5489.73	0
Constraint 20	0	0	0.82	0.07	0	0	5294.32	0
Constraint 21	0	0	0.83	0.07	0	0	4648.51	0
Constraint 22	0	0	0.4	0.05	0	0	4274.79	0
Constraint 23	0	0	0.45	0.04	0	0	3932.8	0
Constraint 24	0	0	0.36	0.04	0	0	3818.18	0
Constraint 25	0	0	0	0	2.422	0.05	3328.73	0
Constraint 26	0	0	0	0	2.37	0.05	3328.73	0
Constraint 27	0	0	0	0	2.55	0.07	3328.73	0
Constraint 28	0	0	0	0	2.55	0.07	3328.73	0
Constraint 29	0	0	0	0	1.17	1	2817.43	0
Constraint 30	0	0	0	0	1.18	1	2817.43	0
Constraint 31	0	0	0	0	1.41	1	2384.68	0
Constraint 32	0	0	0	0	1.31	1	2183.9	0
Constraint 33	0	0	0	0	0.95	0.05	2016.38	0
Constraint 34	0	0	0	0	0.74	0.05	1898.92	0
Constraint 35	0	0	0	0	0.45	0.05	1788.36	0
Constraint 36	0	0	0	0	0.36	0.05	1671.17	0
Constraint 37	1	1	0	0	0	0	8726	1
Constraint 38	0	0	0	0	0	0	8726	1
Constraint 39	0	0	0	0	0	0	8726	1
Solution	297.9698	1428.831	3884.827	1871.873	1180.828	4548.381	17119	

Gambar 6. Hasil Optimasi Alternatif Pola Tanam 1
(Sumber: Output POM-QM for Windows 3)

Dari hasil optimasi tersebut didapatkan Luas lahan dan dapat diketahui intensitas tanam, yakni:

Tabel 11. Luas Lahan, Intensitas Tanam, dan Keuntungan Produksi.

Alternatif	Mata Air	Luas Lahan			Intensitas Tanam				Produksi (kg/ha)				Harga						
		Plt	Dr	T	Dr	T	Dr	T	kg	m ³	kg	m ³	kg	m ³	Rp	Rp	Rp	Rp	
1	Mata Air 1	252,0	252,0	2,52	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15
	Mata Air 2	252,0	252,0	2,52	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15
	Mata Air 3	252,0	252,0	2,52	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15
	Mata Air 4	252,0	252,0	2,52	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15	50,15

(Sumber: Output POM-QM for Windows 3 dan Hasil Perhitungan)

Dikarenakan tanaman padi tidak bisa ditanam terus – menerus sepanjang tahun pada lahan yang sama, maka lahan yang digunakan berbeda di tiap musim tanamnya. Untuk mengetahui alternative mana yang akan digunakan, maka dipilih Alternatif yang memiliki keuntungan hasil pertanian yang terbesar. Oleh sebab itu, Alternatif yang dipilih adalah Alternatif 1. Berikut ini merupakan perhitungan total debit air yang dibutuhkan untuk irigasi untuk Alternatif Pola Tanam 1:

Tabel 12. Total Kebutuhan Air Irigasi untuk Alternatif Pola Tanam 1.

Bulan	Periode	Padi			Polowijo			Total Q
		DR	Luas Dacrah	Q Kebutuhan	DR	Luas Dacrah	Q Kebutuhan	
I	2	2.52	5726	14457.74	0.05	0	0.00	14457.74
	II	2.65	5726	15171.45	0.07	0	0.00	15171.45
	III	2.65	5726	15171.45	0.08	0	0.00	15171.45

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berikut ini adalah rekap perhitungan total kebutuhan air untuk irigasi:

Tabel 13. Rekap Total Kebutuhan Air Irigasi.

Bulan	Periode	DR	Luas Dacrah	Q Kebutuhan
		DR <td>Luas Dacrah</td> <td>Q Kebutuhan</td>	Luas Dacrah	Q Kebutuhan
I	2	2.52	5726	14457.74
	II	2.65	5726	15171.45
	III	2.65	5726	15171.45

Alternatif	Total Q Irigasi liter/detik	
	1	2
1	114737.3514	
2	106739.2414	
3	102759.5894	
4	95618.21713	
5	92711.10425	
6	92435.57309	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

8. Analisa Water Balance Air Waduk

Pada analisa water balance air waduk ini memperhitungkan jumlah air yang masuk ke suatu sistem dikurangi dengan jumlah air yang keluar dari suatu sistem tersebut dan tumpungan waduk yang tersimpan tidak boleh habis. Berikut ini merupakan perhitungan Water Balance air Waduk Way Apu:

Tabel 14. Perhitungan Water Balance Air Waduk Way Apu.

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Inflow			Outflow			Inflow minus Outflow (Surplus)			Surplus (liters)			Tersisa (liters)	Kapasitas (liters)	Status
			Debit Sungai	Debit PLTA	Debit PLTA (2)	Debit PLTA (3)	Debit PLTA (4)	Debit PLTA (5)	Debit PLTA (6)	Debit PLTA (7)	Debit PLTA (8)	Debit PLTA (9)	Debit PLTA (10)	Debit PLTA (11)			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa pada bab – bab sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Dari perhitungan debit aliran rendah dengan menggunakan metode *F.J.Mock* didapatkan Debit Andalan 80% terbesar adalah 21.27 m³/detik dan Debit Andalan 80% terkecil adalah 0.95 m³/detik untuk memenuhi kebutuhan irigasi, kebutuhan air baku, dan potensi PLTA.
- Besar kebutuhan air untuk kebutuhan irigasi berdasarkan alternatif pola tanam adalah sebagai berikut:
- Alternatif Pola Tanam 1 = 83264.42 liter/detik

4. Alternatif Pola Tanam 2 = 73037.46 liter/detik
5. Alternatif Pola Tanam 3 = 71742.59 liter/detik
6. Alternatif Pola Tanam 4 = 62449.39 liter/detik
7. Alternatif Pola Tanam 5 = 58540.77 liter/detik
8. Alternatif Pola Tanam 6 = 57456.30 liter/detik
9. Alternatif Pola Tanam yang paling optimal untuk digunakan adalah Alternatif Pola Tanam 1 dikarenakan memiliki luas lahan tanaman padi yang terbesar.
10. Besar kebutuhan air untuk kebutuhan air baku pada tahun 2012 pada kondisi normal adalah sebesar 25.53 liter/detik. Sedangkan besar kebutuhan air baku pada kondisi Hari Maksimum adalah sebesar 29.39 liter/detik dan pada kondisi Jam Puncak adalah sebesar 44.67 liter/detik.
11. Besar Debit Andalan 90% yang digunakan adalah sebesar 2.47 m³/detik untuk perhitungan potensi PLTA dan dapat membangkitkan daya listrik hingga mencapai 152.16 kW.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil perhitungan dan analisa dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Jika hasil optimasi ini akan diterapkan pada wilayah studi, maka perlu dilakukannya perhitungan *Water Balance*

untuk menghitung keseimbangan air yang masuk dan keluar Waduk.

2. Jika bangunan PLTA sudah ada, maka perlu dilakukan perhitungan kembali untuk Potensi PLTA.
3. Untuk pihak lain yang berminat mendalami subjek ini dapat mencoba cara optimasi yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Angela, Nora. 2009. Studi Optimasi Pemanfaatan Air Waduk Ngebel di Kabupaten Ponorogo untuk Irigasi dan PLTA dengan Menggunakan Program Linier. Teknik Sipil ITS, Surabaya.
- [2] Anwar, Nadjadji. 2001. Analisa Sistem Untuk Teknik Sipil. Teknik Sipil ITS, Surabaya.
- [3] Anwar, Nadjadji. 2012. Rekayasa Sumber Daya Air. Teknik Sipil ITS, Surabaya.
- [4] Effendy, Bambang. 2013. SID Bendungan Way Apu Pulau Buru Kabupaten Buru. Ambon : PT. ABCO Consultant.
- [5] Handarwati Nur Rochmah, Reski. 2009. Studi Water Balance Waduk Kedung Brubus dan Waduk Notopuro untuk Pemanfaatan Air Baku dan Irigasi. Teknik Sipil ITS, Surabaya.
- [6] Sidharta S.K. 1997. Irigasi dan Bangunan Air. Jakarta : Guna Darma.
- [7] Soemarto, CD. 1987. Hidrologi Teknik. Jakarta : Penerbit Usaha Nasional.
- [8] Soedasono, Suyono. 1985. Hidrologi Untuk Pengairan edisi 5. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Halaman ini sengaja dikosongkan