
PERENCANAAN EMBUNG PALOTAWO KABUPATEN KONAWA SELATAN

Diogo De Jesus^{1*}, Riman¹⁾, Abdul Halim¹⁾

¹⁾ Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

*Email Korespondensi: Diogoanahun96@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Data Artikel :

Naskah masuk, 15 Juli 2022
Direvisi, 2 Agustus 2022
Diterima, 17 Agustus 2022
Publish, 20 Agustus 2022

ABSTRAK

Desa Palotawo Kecamatan Tinanggea di Kabupaten Konawe Selatan yang mengalami masalah dengan pemenuhan kebutuhan air terutama di musim kemarau karena potensi air sangat terbatas. Untuk mendapatkan cadangan air agar tersimpan di aliran sungai dan dapat dimanfaatkan pada musim kemarau maka pembangunan embung merupakan salah satu alternatif yang dapat dilaksanakan untuk mengatasi masalah kekurangan air ini. Perencanaan Embung Palotawo ini meliputi analisa hidrologi yang meliputi perhitungan curah hujan rencana dan debit rencana, analisa kapasitas tampungan, analisa spillway, analisa tubuh embung, serta analisa kesatabilan spillway maupun tubuh embung terhadap gaya-gaya yang terjadi. Dari perhitungan yang telah dilakukan diperoleh kebutuhan air baku penduduk Desa Palotawo sebesar 0.74 liter/detik, untuk irigasi sebesar 1.82 liter/detik/ha, curah hujan rencana periode ulang 50 tahun sebesar 166.7 mm, debit rencana periode 50 tahun sebesar 12.49 m³/dtk, Type mercu pelimpah menggunakan Mercu bulat, R = 0.30 m dengan elevasi mercu pada + 59.00 dan elevasi muka air banjir pada +59.45 dengan total tampungan sebesar 33,658.40 m³. Sedangkan tubuh embung menggunakan beton dengan kemiringan bagian hulu 1 : 0.5 dan hilir 1 : 1. Tubuh embung dan spillway dinyatakan aman terhadap gaya - gaya yang terjadi.

Kata Kunci : *embung, kapasitas tampungan air, spillway*

1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk yang semakin meningkat di Desa Palotawo, Kecamatan Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara, dimana aktivitas masyarakat yang semakin beragam serta kebutuhan akan air untuk irigasi dan air baku yang semakin meningkat menyebabkan persoalan keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air. Dalam hal tersebut merupakan permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat di Desa Palotawo Kabupaten Konawe Selatan. Dalam rangka peningkatan taraf hidup masyarakat dan peningkatan sektor pertanian yang menjadi roda penggerak pertumbuhan ekonomi nasional, khususnya di Desa Palotawo, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara, pemerintah berupaya melaksanakan pembangunan pengairan antara lain dengan pengembangan sumber air menjadi sumber air buatan berupa embung atau waduk yang memiliki fungsi dan dimanfaatkan sebagai salah satu sarana pendukung pertanian.

Perencanaan Embung memerlukan bidang-bidang ilmu pengetahuan lain yang dapat mendukung untuk memperoleh hasil perencanaan konstruksi embung yang handal dan

komprehensif. Ilmu geologi, hidrologi, hidrolika dan mekanika tanah merupakan beberapa ilmu yang akan digunakan dalam perencanaan embung.

1.1. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi daerah aliran sungai.

1.2. Analisis Distribusi Frekuensi Hujan

Ada beberapa metode dapat digunakan untuk menghitung nilai curah hujan rancangan yang dicari, antara lain, Metode E.J. Gumbel, Log Pearson Tipe III, Log Normal, dan lain-lain.

1.3. Analisis Sedimentasi

Sedimentasi dari suatu daerah pengaliran dapat diestimasi melalui pengukuran pengangkutan sedimen pada *control point* dari alur sungai yang ditinjau, atau dengan menggunakan pendekatan dari rumus empiris dan rumus semi empiris.

$$SDR = \frac{S(1 - 0.8683 \times A^{0.2018})}{2(S + 50n)} + 0.08683 \times A^{2018} \dots \dots \dots (3)$$

1.4. Analisis Kebutuhan Air

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (*Sosrodarsono dan Takeda, 2003*). Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi adalah :

$$NFR = ET_c + P + WLR - R_e \dots \dots \dots (5)$$

1.5. Analisa Stabilitas Konstruksi

Suatu embung yang didesain dengan menggunakan bahan konstruksi beton berdasar berat sendiri. Dalam mengestimasi daya dukung ijin tanah untuk pondasi dangkal digunakan rumus dari Terzaghi, dengan formulasi sebagai berikut

$$q_{ult} = c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \dots \dots \dots (17)$$

$$q_{all} = \text{daya dukung ijin} = q_u / F_s$$

1.6. Safety Faktor untuk Perhitungan Stabilitas Embung

Besarnya angka keamanan yang dipersyaratkan untuk memastikan bahwa embung yang didesain aman terhadap bahaya guling, geser, dan daya dukung tanah, maka digunakan *safety faktor* sebagai berikut:

Tabel 1. Safety Factor untuk Berbagai Kondisi Pembebanan

No	Kombinasi Pembebanan	Faktor Keamanan Guling	Geser
1	M+H+K+T+Thn	1.5	1.5
2	M+H+K+T+Thn+G	1.3	1.3
3	M+H+K+T+Thb	1.3	1.3
4	M+H+K+T+Thb+G	1.1	1.1
5	M+H+K+T+Thb+Ss	1.2	1.2

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Studi

Lokasi wilayah studi “*Embung Palotawo Kab. Konawe Selatan*” terletak di Desa Palotawo, Kecamatan Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan, dengan jarak tempuh sekitar ± 20 km dari Ibu kota Kabupaten atau sekitar ± 86.1 km dari Kota Kendari (melalui Jl. Poros Kendari - Andoolo).

2.2. Pengumpulan Data

a. Data Primer

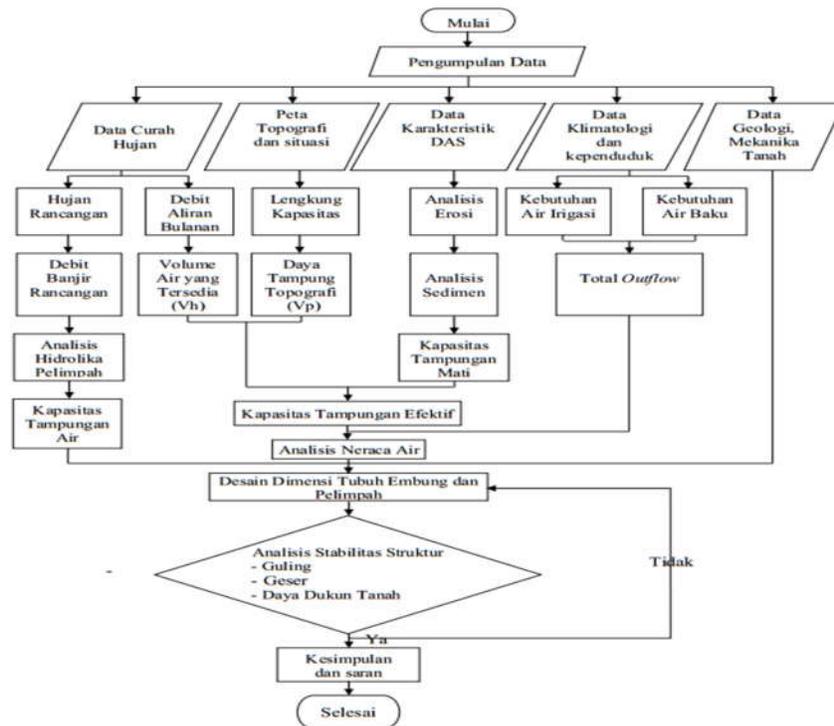
Data primer didapat dari pihak-pihak yang berkepentingan dan data-data aktual lainnya yang berkaitan dengan kondisi saat ini.

b. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data-data kearsipan yang diperoleh dari instansi terkait, serta data-data yang berpengaruh pada perencanaan.

2.3. Diagram Alir Penelitian

Keandalan hasil perencanaan erat kaitannya dengan alur kerja yang jelas, metode analisis yang tepat dan kelengkapan data pendukung di dalam merencanakan embung.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hujan Rancangan

Data dasar yang digunakan untuk menghitung hujan rancangan adalah curah hujan harian maksimum dalam tahunan dari data curah hujan Stasiun Atari lama. Dan data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. berikut.

Tabel 2. Curah Hujan Maksimum Tahunan Sta. Atari Lama

Tahun	CH Maks (mm)	Tahun	CH Maks (mm)
2008	60	2013	182
2009	62	2014	86
2010	83	2015	64
2011	138	2016	57
2012	59	2017	75

Rekapitulasi hasil perhitungan hujan rancangan dengan ketiga metode tersebut dapat dilihat pada table 3. berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Hujan Rancangan

Periode ulang T (tahun)	Hujan Rancangan (mm)		
	Gumbel	Log Normal	Log Pearson III
5	130.295	102.890	105.961
10	162.931	132.305	135.375
20	194.235	152.402	149.176
25	204.166	156.549	183.596
50	234.756	179.035	229.134
100	265.121	199.852	284.510

3.2. Uji Chi Square

Untuk mengetahui masing-masing probabilitas lolos uji *Chi Square* atau tidak, maka harus memenuhi syarat $\chi^2 < \chi^2_{cr}$. Sehingga hasil rekapitulasinya tersaji dalam Tabel 4. berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai χ^2 dan χ^2_{cr} untuk $\alpha = 5\%$

Distribusi Probabilitas	χ^2 terhitung	χ^2_{cr}	Keterangan
Gumbel	9.000	5.991	ditolak
Log Normal	5.000	5.991	diterima
Log Pearson III	3.000	5.991	diterima

Dapat disimpulkan bahwa distribusi yang paling baik untuk menganalisis seri data hujan adalah Distribusi Log Pearson III karena memiliki nilai χ^2 terhitung yang paling kecil sehingga menjauhi nilai χ^2_{cr} .

3.4. Rekapitulasi Uji Distribusi Probabilitas

Dari hasil pengujian Chi Square dan Smirnov Kolmogorof tersebut di atas, maka dapat tersaji hasilnya seperti pada Tabel 5. berikut.

Tabel 5. Perhitungan Rekapitulasi Uji Distribusi Probabilitas

Jenis Distribusi	χ^2_{hitung}	Δp_{max}	$\alpha = 5\%$	$\alpha = 5\%$
			$\chi^2_{cr} = 5.991$	$\Delta p_{kritis} = 0.41$
Log Normal	5.000	0.186	diterima	Diterima
Gumbel	9.000	0.184	ditolak	Diterima
Log Pearson III	3.000	0.096	diterima	Diterima

Sehingga dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa metode yang paling tepat untuk menganalisis hujan rancangan berdasarkan angka simpangan yang terkecil yang didapat adalah metode Log Pearson III.

3.5. Perhitungan Debit Andalan

Debit andalan adalah debit minimal yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk memenuhi kebutuhan air. Perhitungan ini menggunakan metode analisis *Water balance* dari Dr. F.J Mock berdasarkan dari data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi dan karakteristi hidrologi daerah pengaliran.

Tabel 6. Rekapitulasi Debit Aliran Metode FJ Mock 2008-2017

No	Tahun	Debit (m ³ /dt)											
		Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	2008	0.030	0.026	0.041	0.027	0.065	0.035	0.024	0.034	0.026	0.046	0.041	0.029
2	2009	0.021	0.010	0.005	0.002	0.001	0.001	0.009	0.005	0.002	0.001	0.001	0.000
3	2010	0.035	0.037	0.046	0.077	0.124	0.149	0.195	0.103	0.051	0.025	0.023	0.020
4	2011	0.035	0.037	0.046	0.039	0.075	0.057	0.065	0.034	0.022	0.030	0.042	0.022
5	2012	0.031	0.042	0.031	0.048	0.047	0.071	0.067	0.035	0.017	0.032	0.036	0.047
6	2013	0.034	0.024	0.058	0.069	0.108	0.125	0.244	0.131	0.067	0.036	0.018	0.065
7	2014	0.021	0.056	0.055	0.062	0.072	0.111	0.059	0.029	0.014	0.007	0.003	0.004
8	2015	0.025	0.047	0.068	0.098	0.089	0.089	0.066	0.034	0.016	0.008	0.004	0.003
9	2016	0.045	0.082	0.119	0.107	0.134	0.111	0.076	0.039	0.025	0.020	0.019	0.021
10	2017	0.036	0.075	0.078	0.087	0.131	0.143	0.078	0.063	0.048	0.025	0.032	0.031

3.6. Lengkung Kapasitas Tampungan Embung

Output dari analisis ini adalah untuk menghasilkan suatu kurva yang dapat menunjukkan hubungan antara elevasi dengan volume waduk, serta luas genangan pada daerah studi. Luasan tiap kontur pada Embung Palotawo dihitung menggunakan *AutoCAD*. Sehingga didapatkanlah lengkung kapasitas yang terlihat pada Tabel 8. berikut.

Tabel 7. Tampungan dan Luas Genangan Embung Palotawo tiap elevasi

Elevasi (m)	beda tinggi (m)	Luasan kontur (m ²)	Luas rerata antar kontur (m ²)	Volume tiap kontur (m ³)	Volume storage (m ³)
54	0	214.67	0	0	-
55	1	1,263.04	738.9	738.9	738.86
56	1	5,790.92	3527.0	3527.0	4,265.84
57	1	9,334.74	7562.8	7562.8	11,828.67
58	1	12,878.55	11106.6	11106.6	22,935.31
59	1	20,447.07	16662.8	16662.8	39,598.12
60	1	27,356.33	23901.7	23901.7	63,499.81
61	1	35,194.02	31275.2	31275.2	94,774.99
62	1	44,626.67	39910.3	39910.3	134,685.33
63	1	56,156.43	50391.6	50391.6	185,076.89
64	1	68,027.72	62092.1	62092.1	247,168.96

3.7. Kapasitas Tampungan Embung

1. Kapasitas Tampungan Total
Elevasi tampungan embung direncanakan pada elevasi +59.00 m sehingga kapasitas total embung adalah sebesar 39,598.12 m³.
2. Kapasitas Mati Embung (Dead Storage)
Volume mati embung perlu diperhitungkan apabila terjadi pengendapan sedimen pada embung. Besar volume mati embung direncanakan sebesar 15% dari volume total embung yaitu 15% x 39,598.12 m³ = 5,939.72 m³ pada elevasi +56.22 m.
3. Kapasitas Efektif Embung
Besar volume efektif embung adalah total volume embung dikurang dengan volume mati yaitu 39,598.12 m³ - 5,939.72 m³ = 33,658.40 m³.

3.8. Analisis Kebutuhan Air

A. Perhitungan Kebutuhan Air Baku

Desa Palotawo mempunyai data statistik penduduk dari 2018 tahun terakhir sejumlah 495 jiwa dengan pertumbuhan penduduk 1.01 persen.

$$P_n = P_0 (1+r)^n$$

$$P_{2019} = P_{2018} \times (1 + (1.01/100))^{(2019-2018)} = 495 \times (1.0101)^1 = 499.9995 = 500 \text{ jiwa}$$

Hasil selanjutnya dari jumlah penduduk 25 tahun yang akan datang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 8. sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk Tahun 2019 - 2043

No	Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	No	Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)
1	2019	500	14	2032	576
2	2020	510	15	2033	581
3	2021	515	16	2034	587
4	2022	521	17	2035	593
5	2023	526	18	2036	599
6	2024	531	19	2037	605
7	2025	536	20	2038	611
8	2026	542	21	2039	617
9	2027	547	22	2040	624
10	2028	553	23	2041	630
11	2029	558	24	2042	636
12	2030	564	25	2043	643
13	2031	570			

Kebutuhan air baku untuk penduduk Desa Palotawo tersebut berdasarkan Tabel 8. Diambil 100 liter/orang/hari karena merupakan klasifikasi pedesaan. Sehingga jumlah kebutuhan air baku selama semusim (dalam satu tahun) adalah:

$$Q = \text{Jumlah penduduk di Tahun 2043} \times \text{kebutuhan air per kapita} \times 365 \text{ hari}$$

$$Q = 643 \text{ orang} \times 100 \text{ liter/orang/hari} \times 365 \text{ hari} = 23462361 \text{ liter} = 23462.361 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{domestik}} = \text{Jumlah penduduk di Tahun 2043} \times \text{kebutuhan air per kapita} / 86400$$

$$Q_{\text{domestik}} = 643 \text{ orang} \times 100 \text{ liter/orang/hari} / 86400 \text{ dtk} = 0.74 \text{ ltr/dt}$$

B. Flood Routing (Penelurusan Air)

Perhitungan *flood routing* menggunakan hidrograf inflow Metode Nakayasu dengan periode ulang 50 tahun. Puncak pelimpah direncanakan pada elevasi muka air pada saat tampungan efektif terjadi yaitu pada elevasi +59.00 m. Total tinggi embung adalah 7 m. direncanakan lebar mercu pelimpah (B) adalah 12 m. Koefisien limpasan C tergantung pada DAS Embung Palotawo adalah 2,18 dengan $\Delta t=3600$ detik. Besar tampungan dan debit outflow seperti berikut.

Tabel 9. Hubungan Antara Elevasi-Tampungan-Outflow (H-S-Q)

Elevasi m	head m	S m ³ /dt	ΔS m ³	ΔS/Δt Δt = 3600 dt m ³ /dt	Q m ³ /dt	Q/2 m ³ /dt	Psi Ψ=ΔS/Δt - Q/2 m ³ /dt	Phi φ=ΔS/Δt + Q/2 m ³ /dt
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
59.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00
59.10	0.10	1564	1564	0.43	0.82	0.41	0.02	0.84
59.20	0.20	3128	1563.76	0.43	2.32	1.57	-1.13	2.00
59.30	0.30	4691	1563.76	0.43	4.26	3.29	-2.85	3.72
59.40	0.40	6255	1563.76	0.43	6.55	5.40	-4.97	5.84
59.50	0.50	7819	1563.76	0.43	9.16	7.85	-7.42	8.29

3.9. Analisis Stabilitas

Adapun persyaratan keamanan embung bertipe beton *gravity* yaitu harus stabil terhadap geser, guling, dan daya dukung tanah. Untuk itu harus dihitung gaya-gaya yang bekerja pada bangunan yaitu Berat bangunan sendiri, Tekanan lumpur, Tekanan air normal setinggi elevasi mercu pelimpah dan setinggi muka air banjir desain, Gaya gempa, tekanan air di bawah embung atau *uplift*. Dari hasil analisis berbagai kondisi pada perhitungan stabilitas, maka didapatkan berbagai nilai *Safety factor* seperti tertera pada tabel berikut.

Tabel 10. Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Pelimpah

Kondisi	Jenis Stabilitas									
	Guling			Geser			Daya Dukung Tanah			
	SF hitung	SF minimum	Status	SF hitung	SF minimum	Status	σ_{maks}	σ_{min}	σ_{ijin}	Status
Waduk Kosong dengan Gempa	10.623	1.500	aman	6.239	1.500	aman	13.002	-	24.186	aman
Muka Air Normal tanpa Gempa	2.674	1.300	aman	4.400	1.300	aman	8.438	2.90	24.186	aman
Muka Air Normal dengan Gempa	2.215	1.300	aman	1.989	1.300	aman	10.204	-	24.186	aman
Muka Air Banjir tanpa Gempa	2.129	1.100	aman	3.360	1.100	aman	4.272	3.98	24.186	aman
Muka Air Banjir dengan Gempa	1.621	1.100	aman	1.475	1.100	aman	4.980	0.87	24.186	aman

Tabel 11. Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Tubuh Embung

Kondisi	Jenis Stabilitas									
	Guling			Geser			Daya Dukung Tanah			
	SF hitung	SF minimum	Status	SF hitung	SF minimum	Status	σ_{maks}	σ_{min}	σ_{ijin}	Status
Waduk Kosong dengan Gempa	13.154	1.500	aman	4.723	1.500	aman	9.703	8.727	24.186	aman
Muka Air Normal tanpa Gempa	2.713	1.300	aman	3.036	1.300	aman	7.852	7.631	24.186	aman
Muka Air Normal dengan Gempa	2.250	1.300	aman	1.609	1.300	aman	10.630	4.853	24.186	aman
Muka Air Banjir tanpa Gempa	2.502	1.100	aman	1.180	1.100	aman	8.203	7.119	24.186	aman
Muka Air Banjir dengan Gempa	2.114	1.100	aman	1.441	1.100	aman	10.944	4.378	24.186	aman

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka diperoleh beberapa output penting terkait dengan perencanaan Embung Palotawo yaitu ketersediaan air untuk irigasi dan air baku, volume tampungan embung, serta dimensi tubuh embung dan pelimpah yang aman. Secara ringkas tertera pada beberapa poin yang tercantum sebagai berikut:

1. Kebutuhan air baku penduduk Desa Palotawo sebesar 0.74 liter/detik, untuk irigasi sebesar 1.82 liter/detik/ha.
2. Besar volume efektif embung adalah total volume embung dikurang dengan volume mati yaitu $39,598.12 \text{ m}^3 - 5,939.72 \text{ m}^3 = 33,658.40 \text{ m}^3$, terletak pada elevasi +58.60 m.
3. Data Teknis dimensi Embung Palotawo adalah sebagai berikut: Tinggi embung = 7.00 m, Elevasi crest embung = + 59.450, Lebar puncak embung = 1.00 m, Kemiringan hilir = 1 : 1, Kemiringan hulu = 1 : 0.5, Panjang puncak embung = 128.88 m, Elevasi puncak pelimpah = +60.00, Lebar pelimpah = 12.00 m, Type mercu pelimpah = Mercu bulat, R = 0.3 m, Type peredam energy = USBR type III

Adapun saran yang dapat diberikan untuk studi selanjutnya, antara lain:

1. Untuk mengairi air irigasi ke lahan pertanian akan perlu bangunan pengambilan
2. Perlu merencanakan bangunan reservoir untuk mendistribusikan air baku untuk masyarakat di Desa Palotawo, Kecamatan Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jendral Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. (1994). *Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering Di Indonesia*. Jakarta.
- [2] Alexander, Syarifuddin Harahab. (2009). *Perencanaan Embung Tambaboyo Kabupaten Sleman D.I.Y*. Universitas Diponegoro Semarang.
- [3] Bambang Triatmodjo. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta.
- [4] CD. Soemarto. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya.
- [5] CD. Soemarto. (1999). *Hidrologi Teknik*. Jakarta.
- [6] Direktorat Bina Teknik DPU. (1999). *Pedoman Pengelolaan Sedimentasi Waduk*. Jakarta.
- [7] Direktorat Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi KP-02 Bangunan Utama*. Jakarta.
- [8] Dr.Drs.Ir. Nugroho Hadisusanto, Dipl. H. (2010). *Aplikasi Hidrologi*. Malang.
- [9] Ir. Soedibyso. (1993). *Teknik Bendungan*. Jakarta.
- [10] Ir. Suyono Sosrodarsono. (1976). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta.
- [11] Kasiro, Ibnu, dkk. (1994). *Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil untuk Daerah Semi Kering di Indonesia*. Jakarta.
- [12] Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2013). *Kriteria Perencanaan KP-06 Bagian Parameter Bangunan*. Jakarta.
- [13] Montarcih, Lily. (2010). *Hidrologi Teknik Terapan*. Malang.