Studi Perencanaan Embung Kembangan Kecamatan Pule Kabupaten Trenggalek Provinsi Jawa Timur

Tatag Tata Mahardhika^{1*}, Dian Sisinggih¹, Heri Suprijanto¹

¹ Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya,
Jalan MT. Haryono No. 167, Malang, 65145, INDONESIA

*Korespondensi Email: tatag64@student.ub.ac.id

Abstract: Kembangan Village in Pule District is a part of Trenggalek Region which have water resources issues including irrigation issue and raw water supply issue. This problem happens because the lack of water resources infrastructures. Based on this two issues to it was so important to design small dams which is placed on Kembangan Village solve the problem. Based on the data and literature, it was recommended to design the small dam by random soil type with vertical core zone. The body of small dam height planned to be design by 13 m (+552 for the elevation), the width was designed by 6 m, the slope of hillside was 1 : 3 for the upstream and 1 : 2.5 for the downstream. Kembangan small dam using overflow spillway which is equipped with weir typed ogee, transition channel, sloping apron, and stilling basin. The spillway planned to be design by 8 m width with weir height by 2 m. Kembangan small dam have a potential reservoir capacity for 38219.40 m³ to fullfill the irrigation and water supply. It was important to analyzing the stability of small dam for the landslide and seepage factors.

Keywords: Small Dam, Random Soil, Spillway

Abstrak: Desa Kembangan Kecamatan Pule merupakan salah satu wilayah di Kabupaten Trenggalek yang memiliki masalah ketersediaan air dalam pemenuhan kebutuhan air baku dan air irigasi. Hal ini disebabkan karena kurangnya sarana penyediaan kebutuhan air. Hal inilah yang menjadi dasar perencanaan embung kembangan yang diharapkan mampu menjadi solusi permasalahan tersebut. Berdasarkan informasi data studi, embung kembangan direncanakan menggunakan tipe embung urugan tanah majemuk dengan zonal inti tegak. Tubuh embung kembangan direncanakan memiliki tinggi 13 m dengan elevasi puncak embung +552 dan lebar puncak embung 6 m, sedangkan kemiringan lereng embung adalah 1 : 3 untuk hulu dan 1 : 2.5 untuk hilir embung. Pada embung kembangan direncanakan menggunakan tipe pelimpah *overflow* dengan dilengkapi mercu *ogee*, saluran transisi, peluncur, dan peredam energi. Pelimpah embung kembangan direncanakan memiliki lebar 8 m dengan

ketinggian mercu 2 m. Embung kembangan memiliki kapasitas tampungan sebesar efektif sebesar 38219.40 m³ yang berfungsi untuk menampung kebutuhan air irigasi dan air baku. Dalam perencanaan embung kembangan dilakukan juga analisis perhitungan stabilitas tubuh embung terhadap kelongsoran dan terhadap rembesan, kemudian dari perhitungan tersebut didapatkan angka keamanan yang sesuai dengan persyaratan sesuai dengan pedoman yang berlaku.

Kata kunci: Embung, Urugan Majemuk, Pelimpah

1. Pendahuluan

Desa Kembangan Kecamatan Pule merupakan salah satu wilayah di Kabupaten Trenggalek yang memiliki masalah penyediaan air untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Terdapat dua permasalahan pemenuhan kebutuhan air yang ada di Desa Kembangan yakni pemenuhan kebutuhan air untuk irigasi dan kebutuhan air baku. Kuantitas air yang melimpah pada desa kembangan tidak mampu melayani kebutuhan yang ada secara optimal dikarenakan belum adanya sarana penyediaan pemenuhan kebutuhan air yang berupa bangunan teknis.

Menimbang potensi, permasalahan dan karakteristik yang ada di wilayah Desa Kembangan perlu dibangun infrastruktur penyediaan kebutuhan air untuk irigasi dan air baku. Dalam hal ini maka direncanakan bangunan Embung Kembangan menampung kebutuhan air yang ada di Desa Kembangan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan

Dalam studi perencanaan Embung Kembangan diperlukan adanya data penunjang yang digunakan untuk melakukan analisis perhitungan dan perencanaan desain. Data tersebut merupakan data sekunder yang didapatkan dari dokumen konsultan perencana. Data-data yang diperlukan berupa data topografi, data hidroklimatologi, data geologi, data kependudukan, peta zonasi gempa dan data mekanika tanah.

2.2. Metode

Setelah mendapatkan data yang lengkap maka dilakukan analisis perhitungan dan perencanaan desain embung sesuai dengan pedoman yang berlaku. Analisis perhitungan yang dilakukan antara lain analisis hidrologi, analisis kebutuhan air untuk irigasi dan air baku, analisis kapasitas tampungan embung, analisis neraca air, analisis hidrolika dimensi saluran pelimpah dan dimensi tubuh embung, serta analisis stabilitas tubuh embung untuk mengetahui kekuatan bangunan terhadap gaya yang bekerja pada bangunan.

2.2.1. Analisis Curah Hujan Rancangan

Dalam analisis curah hujan rancangan dilakukan perhitungan dan pengolahan data hidrologi menggunakan distribusi frekuensi untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu. Rumus perhitungan yang digunakan adalah : [1]

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T \cdot S_{\log X} \quad \text{Pers. 1}$$

Dengan

$\text{Log } X_T$ = Log Curah Hujan Rancangan

$\overline{\text{Log } X}$ = Nilai rerata Log X

K_T = Koefisien faktor frekuensi berdasarkan periode T

$S_{\log X}$ = Simpangan Baku

Dari perhitungan curah hujan rancangan kemudian dilakukan uji kesesuaian distribusi untuk mengetahui distribusi frekuensi yang tepat.

2.2.2. Analisis Curah Hujan Jam – Jaman

Analisis curah hujan jam – jaman dihitung menggunakan metode PSA – 007. Untuk embung dilakukan optimasi durasi hujan 6 – 24 jam, misal 6, 9, 12, 15 jam. [2]

2.2.3. Analisis Debit Banjir Rancangan

Analisis debit banjir rancangan dihitung menggunakan hidrograf satuan sintetik sesuai dengan pedoman yang berlaku dari beberapa metode yakni sebagai berikut.

1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Berikut adalah rumus hidrograf satuan sintetik Nakayasu : [3]

$$Q_p = \frac{A.R_o}{3.6 (0.3 T_p + T_{0.3})} \quad \text{Pers. 2}$$

dengan

Q_p = Debit pada jam puncak ($\text{m}^3/\text{dt}/\text{mm}$)

A = Luas daerah aliran sungai (km^2)

R_o = Curah hujan satuan (mm)

T_p = Tenggang waktu periode hujan dari permulaan sampai puncak waktu banjir (jam)

$T_{0.3}$ = Waktu yang dibutuhkan pada penurunan debit puncak hingga ke debit dengan nilai sebesar 30% dari debit puncak (jam)

2. Hidrograf Satuan Sintetik Snyder

Berikut adalah rumus hidrograf satuan sintetik Snyder : [4]

$$Q_p = 0.278 \frac{C_p A}{t_p} \quad \text{Pers. 3}$$

dengan :

Q_p = Debit pada jam puncak ($\text{m}^3/\text{dt}/\text{mm}$)

C_p = Koefisien berdasarkan pada karakteristik DAS, dengan variasi nilai antara 0.15 sampai dengan 0.19

A = Luas daerah aliran sungai (km^2)

t_p = Waktu periode yang dihitung dari titik berat durasi hujan efektif t_D ke puncak hidrograf (jam)

3. Hidrograf Satuan Sintetik ITB 1 dan ITB 2

Berikut adalah rumus hidrograf satuan sintetik ITB 1 dan ITB 2 : [5]

$$Qp = \frac{R}{3.6 TP} \cdot \frac{A_{das}}{A_{hss}} \quad \text{Pers. 4}$$

dengan

Qp = Debit pada jam puncak (m^3/s)

R = Curah hujan satuan (1 mm)

Tp = waktu atau periode yang diperlukan untuk mencapai puncak (jam)

$ADAS$ = Luas daerah aliran sungai (km^2)

$AHSS$ = Luas kurva hidrograf satuan tak berdimensi

2.2.4. Analisis Debit Andalan

Analisis debit andalan dilakukan untuk menghitung debit ketersediaan air dengan probabilitas 80% untuk kebutuhan air irigasi dan 90% untuk kebutuhan air baku menggunakan metode FJ MOCK kemudian dipilih menggunakan metode *Weibull* dengan distribusi probabilitas log pearson III. [6]

2.2.5. Analisis Tampungan Embung

Analisis tampungan embung dihitung dengan membandingkan lengkung kapasitas (daya tampung topografi), volume ketersediaan air, dan volume tampungan yang dibutuhkan. Dari analisis perhitungan ini lalu dipilih dengan nilai yang paling kecil sebagai penentuan tampungan desain.

2.2.6. Analisis Penentuan Tampungan Mati

Analisis penentuan tampungan mati (Dead Storage) didesain untuk menampung masuknya sedimen ke dalam embung dengan tinggi 1 m. [7]

2.2.7. Analisis Neraca Air

Analisis perhitungan neraca air dilakukan untuk mengetahui debit ketersediaan air. Analisis ini dihitung menggunakan metode simulasi waduk dengan debit *inflow* keandalan 80% untuk irigasi dan 90% untuk air baku. Lalu disimulasikan terhadap perhitungan *outflow* dengan mempertimbangkan faktor kebutuhan air, penguapan dan jumlah resapan.

2.2.8. Desain Bangunan Pelimpah Embung

Dalam studi perencanaan embung kembangan direncanakan bangunan pelengkap berupa pelimpah yang bertipe *overflow* dengan posisi di samping tubuh embung dengan komponen pelimpah berupa tubuh mercu dengan tipe Ogee I, Saluran Transisi, Saluran Peluncur, peredam energi, dan saluran pelepas atau *escape channel*. [8]

2.2.9. Desain Tubuh Embung Kembangan

Dalam studi perencanaan embung kembangan direncanakan dengan tipe embung urugan tanah majemuk dengan zona inti tegak. Pada perencanaan tubuh embung material zona inti material lempung, zona filter menggunakan material pasir, dan zona transisi menggunakan material tanah random. Dalam perhitungan dimensi tubuh embung direncanakan ketinggian, lebar puncak dan kemiringan tubuh embung.

2.2.10. Analisis Stabilitas Tubuh Embung

Analisis stabilitas tubuh embung dihitung dengan faktor kelongsoran dan faktor nilai rembesan. Stabilitas yang dihitung harus mampu menahan gaya kondisi banjir, muka air normal, dan pasca konstruksi disertai pada kondisi gempa dan tanpa gempa.

1. Stabilitas Tubuh Embung Terhadap Rembesan

Analisis stabilitas tubuh embung terhadap rembesan dihitung dengan metode *Cassagrande* dimana debit rembesan dikontrol agar tidak melebihi 1% dari nilai *baseflow* dengan rumus sebagai berikut. [9]

$$Q_f = K \cdot H \cdot L \cdot \frac{N_f}{N_d} \quad \text{Pers. 5}$$

dengan

- Q_f = Debit rembesan (m^3/dt)
- K = Koefisien nilai filtrasi (m/dt)
- H = Tinggi tekan air total (m)
- L = Panjang dasar embung yang didapat dari penggambaran (m)
- N_f = angka pembagi garis trayektori
- N_d = angka pembagi garis equipotensial

2. Stabilitas Lereng Tubuh Embung

Analisis stabilitas lereng tubuh embung dihitung dengan metode *Fellenius*. Rumus perhitungan stabilitas lereng tubuh embung adalah sebagai berikut. [10]

Kondisi Gempa

$$SF = \frac{\sum((C.I) + (N-U-Ne) \tan \alpha)}{\sum(T+Te)} \quad \text{Pers. 6}$$

Kondisi Tanpa Gempa

$$SF = \frac{\sum((C.I) + (N-U) \tan \alpha)}{\sum T} \quad \text{Pers. 7}$$

dengan

- SF = Faktor angka keamanan.
- N = Gaya beban komponen *vertical* (ton/m)
- T = Gaya beban komponen *horizontal* (ton/m)
- U = Gaya tekanan air pori (ton/m)
- e = Nilai koefisien gempa dari peta sebaran gempa
- C = Nilai kohesi (ton/m^2)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Curah Hujan Rancangan

Analisis curah hujan rancangan dihitung menggunakan data curah hujan harian maksimum dengan metode distribusi frekuensi yang kemudian diuji menggunakan distribusi uji *chi-square* dan uji *smirnov kolmogorof* dan dipilih distribusi log normal, dengan hasil perhitungan pada tabel berikut.

Tabel 1. Analisis Curah Hujan Rancangan

Periode ulang T (tahun)	Hujan Rancangan (mm)			
	Gumbel	Normal	Log Normal	Log Pearson III
5	146.043	143.313	141.922	142.405
10	170.556	158.588	162.894	161.588
20	194.070	171.086	182.339	176.221
25	201.529	173.459	186.284	184.028

Lanjutan Tabel 1. Analisis Curah Hujan Rancangan

Periode ulang T (tahun)	Hujan Rancangan (mm)			
	Gumbel	(tahun)	Gumbel	(tahun)
50	224.506	185.321	207.326	199.634
100	247.314	195.041	226.332	214.385
200	270.039	203.721	244.768	228.552
500	300.019	214.136	268.884	239.748
1000	322.678	221.427	287.166	259.641

Sumber : Hasil Perhitungan, 2020

Tabel 2. Analisis Penentuan Distribusi Dengan Uji *Chi-Square* Dan *Smirnov Kolmogorof*

Jenis Distribusi	X^2_{hitung}	Δp_{max}	Uji Chi Square		Uji Smirnov Kolmogorof	
			$\alpha = 1\%$ $X^2_{cr} = 9.21$	$\alpha = 5\%$ $X^2_{cr} = 5.991$	$\alpha = 1\%$ $\Delta p_{kritis} = 0.36$	$\alpha = 5\%$ $\Delta p_{kritis} = 0.29$
Gumbel	2.500	0.196	diterima	diterima	diterima	diterima
Normal	0.500	0.168	diterima	diterima	diterima	diterima
Log Normal	0.500	0.094	diterima	diterima	diterima	diterima
Log Pearson	2.000	0.082	diterima	diterima	diterima	diterima

Sumber : Hasil Perhitungan, 2020

3.2. Analisis Curah Hujan Jam-Jaman

Analisis curah hujan dihitung menggunakan metode PSA 007 dengan hasil perhitungan yang tersaji pada tabel berikut.

Tabel 3. Analisis Curah Hujan Jam – Jaman Metode PSA 007

No	Jam Ke	Kala Ulang									
		5	10	20	25	50	100	200	500	1000	PMP
1	1.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
2	2.0	11.3	12.0	12.2	12.3	13.0	13.3	13.4	13.8	14.3	16.0
3	3.0	70.0	68.0	67.3	67.0	65.0	64.0	63.7	62.7	61.0	56.0
4	4.0	6.7	8.0	8.4	8.7	10.0	10.7	10.9	11.6	12.7	16.0
5	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
6	6.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Jumlah		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Sumber : Hasil Perhitungan, 2020

3.3. Analisis Debit Banjir Rancangan

Analisis debit banjir rancangan dihitung menggunakan 4 metode Hidrograf Satuan Sintetik, kemudian ditentukan debit banjir rancangan terpilih menggunakan penggambaran angka *Creager* dimana debit banjir yang terpilih adalah menggunakan metode HSS ITB 2.

Tabel 4. Debit Banjir Rancangan

METODE	Kala Ulang Banjir Rancangan									
	5th	10th	20th	25th	50th	100th	200th	500th	1000th	PMF
Nakayasu	23.36	26.26	29.18	29.71	32.37	34.95	37.66	40.91	42.88	108.39
Snyder	5.41	6.19	6.92	7.073	7.84	8.55	9.24	10.13	10.79	28.65
ITB 1	10.78	12.35	13.81	14.10	15.67	17.09	18.48	20.28	21.62	57.65
ITB 2	11.48	13.13	14.68	14.99	16.64	18.13	19.59	21.49	22.89	29.65

Sumber : Hasil Perhitungan, 2020

3.4. Analisis Debit Andalan

Hasil analisis perhitungan debit metode andalan metode F.J.Mock disajikan dalam gambar 1. Sedangkan ketersediaan air selama setahun ditentukan berdasarkan debit andalan 90% dan 80% dengan menggunakan metode Weibull.

Gambar 1. Grafik debit andalan tahun 1995 - 2014

Sumber : Analisis Perhitungan, 2020

3.5. Analisis Tampungan Embung

Tampungan embung yang diperlukan pada studi perencanaan embung kembangan dari analisis perhitungan yang dilakukan adalah sebesar 38219.4 m^3

Gambar 2. Kurva Lengkung Kapasitas Tampungan Embung Kembangan

Sumber : Hasil Penggambaran, 2020

3.6. Analisis Penentuan Tampungan Mati

Analisis penentuan tampungan mati (Dead Storage) didesain untuk menampung masuknya sedimen ke dalam embung dengan tinggi 1 m. Tampungan Mati terletak pada Elevasi $+540 = 534.8 \text{ m}^3$, maka dalam waktu 2 tahun sekali diperlukan adanya pengerukan sedimen agar nantinya usia guna embung lebih lama.

3.7. Analisis Neraca Air

Analisis perhitungan neraca air dilakukan menggunakan debit dengan nilai keandalan 80% dan 90% dengan simulasi tampungan yang tersaji pada gambar berikut.

Gambar 3. Grafik Simulasi Tampungan Embung Dengan *Inflow* Keandalan 90%
Sumber : Hasil Penggambaran, 2020

Gambar 4. Grafik Simulasi Tampungan Embung Dengan *Inflow* Keandalan 80%
Sumber : Hasil Penggambaran, 2020

3.8. Desain Bangunan Pelimpah Embung

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode flood routing Q_{50th} maka lebar pelimpah direncanakan sebesar 8 m dengan tinggi muka air banjir adalah 1.007 m serta tipe mercu yang digunakan yaitu tipe ogee I. Dari hasil perhitungan selanjutnya direncanakan saluran pengarah, mercu pelimpah, saluran transisi, saluran peluncur, peredam energi dan saluran pelepas dengan dimensi panjang total 84.0724 m dan dengan penyempitan 6 m. Berikut adalah gambar desain bangunan pelimpah.

Gambar 5. Denah dan Potongan Memanjang Saluran Pelimpah Tipe Overflow
Sumber : Hasil Penggambaran, 2020

3.9. Desain Tubuh Embung Kembangan

Berdasarkan analisis tampang yang telah ditentukan pada sub bab sebelumnya maka elevasi muka air normal adalah +550.00, tinggi muka air banjir dari hasil flood routing Q50th (Hb) 1.007 m dan tinggi jagaan (Hf) 0.75 m, maka tinggi tubuh embung (Hd) adalah 13 m. Dimensi lebar puncak embung direncanakan selebar 5.465 m atau direncanakan 6 m dengan digunakan sebagai lalu lintas. Sedangkan kemiringan tubuh embung direncanakan 1 : 3 untuk hulu dan 1 : 2.5 untuk hilir.

Gambar 6. Denah Embung Kembangan
Sumber : Hasil Penggambaran, 2020

Gambar 7. Desain Tubuh Embung Kembangan
Sumber : Hasil Penggambaran, 2020

3.10. Analisis Stabilitas Tubuh Embung

Analisis stabilitas tubuh embung dihitung dengan mempertimbangkan faktor kelongsoran dan faktor nilai rembesan. Stabilitas tubuh embung yang dihitung harus mampu menahan gaya yang bekerja pada kondisi banjir, muka air normal, dan pasca konstruksi disertai pada kondisi gempa dan tanpa gempa.

1. Stabilitas Tubuh Embung Terhadap Rembesan

Analisis perhitungan stabilitas embung terhadap rembesan dihitung besarnya debit rembesan baik kondisi muka air normal (NWL) maupun muka air banjir (FWL) tidak melebihi 1 % dari baseflow sungai. Hasil penggambaran jaringan trayektori aliran filtrasi kedua kondisi tersebut, maka didapat :

$$Q_{f_{NWL}} = 2.10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{f_{FWL}} = 2.20 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dt}$$

Kemudian dikontrol dengan 1% debit baseflow sungai sebesar $0.0137 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka debit air rembesan yang mengalir pada tubuh embung masih aman.

2. Stabilitas Lereng Tubuh Embung

Analisis stabilitas lereng tubuh embung dihitung terhadap bahaya kelongsoran dihitung dengan metode *Fellenius* dengan hasil perhitungan sebagai berikut.

Tabel 5.

Rekapitulasi Stabilitas Lereng Terhadap Longsor

Zona	Hulu Embung					
	Kondisi	Normal			Gempa	
		FK _{Hitung}	FK _{Minimum}	Ket	FK _{Hitung}	FK _{Minimum}
Zona Hilir Embung	Setelah Konstruksi	1.933	1.250	Aman	1.311	1.100
	Muka Air Normal	3.614	1.500	Aman	1.894	1.100
	Muka Air Banjir	4.261	1.500	Aman	2.045	1.100
	Rapid Drawdown	1.931	1.200	Aman	1.296	1.100
Zona	Hilir Embung					
	Kondisi	Normal			Gempa	
		FK _{Hitung}	FK _{Minimum}	Ket	FK _{Hitung}	FK _{Minimum}
Zona Hilir Embung	Setelah Konstruksi	1.685	1.250	Aman	1.188	1.100
	Muka Air Normal	1.669	1.500	Aman	1.177	1.100
	Muka Air Banjir	1.705	1.500	Aman	1.204	1.100

Sumber : Hasil Perhitungan, 2020

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa desain dimensi konstruksi Embung Kembangan secara teknis dengan :

- Tinggi embung = 13.00 m
- Elevasi crest embung = + 552.00 m dpl
- Lebar puncak embung = 6.00 m
- Kemiringan hulu = 1 : 3
- Kemiringan hilir = 1 : 2.5
- Lebar pelimpah = 8.00 m
- Lebar penyempitan pelimpah = 6.00 m
- Panjang Pelimpah = 84.0724 m

Desain Embung yang direncanakan mampu melayani kebutuhan air baku sebesar 78012 m³ untuk melayani 2560 penduduk dan kebutuhan air irigasi sebesar 200441 m³ untuk melayani 20 Ha lahan pertanian dengan volume tampungan efektif adalah sebesar 38219.40 m³. Hasil analisis stabilitas tubuh Embung Kembangan aman baik terhadap rembesan maupun terhadap longsor bagian lereng hulu maupun hilirnya.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua dosen pembimbing dan penguji yang telah berkontribusi besar dalam kegiatan pembimbingan skripsi serta kepada pihak pimpinan kelembagaan jurusan teknik pengairan Universitas Brawijaya.

Daftar Pustaka

- [1] Soewarno, 1995. *Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa [Jilid 1]*. Bandung : Penerbit Nova.
- [2] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Pengairan. 1999. *Panduan Perencanaan Bendungan Urugan Vol. II Analisis Hidrologi*. Jakarta
- [3] Montarchi, Lily. 2010. *Hidrologi Teknik Terapan*. Malang : CV Asrori.
- [4] Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Usaha Nasional.
- [5] Natakusumah D.K. Natakusumah. 2011. *Prosedure Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) dan Contoh Penerapannya Dalam Pengembangan HSS ITB-1 dan HSS ITB-2. Jurnal Teknik Sipil ITB Vol. 18*. Bandung
- [6] Badan Standardisasi Nasional. 2015. *SNI 6738:2015 tentang Perhitungan Debit Andalan Sungai dengan Kurva Durasi Debit*. Jakarta : BSN.
- [7] Kasiro, Ibnu, dkk. 1994. *Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil untuk Daerah Semi Kering di Indonesia*. Jakarta : PT. Mediatama Saptakarya
- [8] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Pengairan. 1999. *Panduan Perencanaan Bendungan Urugan Vol. IV Desain Bangunan Pelengkap*. Jakarta
- [9] Sosrodarsono, Suyono. 1977. *Bendungan Type Urugan*. Jakarta : Pradnya Paramita
- [10] Masrevaniah, Anik. 2012. *Konstruksi Bendungan Urugan (Volume 1)*. Malang : CV Asrori.