

PERENCANAAN EMBUNG BANGLE KECAMATAN LENGKONG KABUPATEN NGANJUK

Ardelia Arlimasita, Umboro Lasminto dan Edijatno

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail : umboro@ce.its.ac.id

Abstrak— Desa Bangle merupakan desa yang terletak pada Kecamatan Lengkon, Kabupaten Nganjuk. Saat kemarau desa tersebut mengalami kekeringan, sedangkan saat hujan datang air akan mengalir dan terbuang percuma tanpa dimanfaatkan. Pada desa tersebut terdapat Sungai Kedungpawon yang bermuara menuju Sungai Roh Buntu. Sungai Kedungpawon memiliki potensi sebagai sumber daya air untuk memenuhi kebutuhan air penduduk sekitar. Sebagai upaya untuk peningkatan penyediaan air baku bersih untuk warga dan kebutuhan irigasi, maka perlu direncanakan suatu bangunan penampung air pada daerah tersebut. Untuk memenuhi kebutuhan air Desa Bangle, maka direncanakan Embung Bangle dengan kedudukan as bendung yang telah ditentukan pada analisa sebelumnya. Analisa yang dilakukan meliputi analisa hidrologi, untuk mengetahui curah hujan menggunakan Log Pearson III dan mengetahui debit banjir rencana dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung ketersediaan air menggunakan metode F.J. Mock dan kebutuhan air. Menghitung tampungan air pada embung dengan metode Kesetimbangan Air. Analisa hidrolika dihitung untuk mendapatkan angka desain dari tubuh embung, bangunan pelimpah embung dan bangunan pemecah energi. Dari desain yang sudah dihitung perlu dihitung juga kontrol stabilitasnya. Dari hasil analisa yang telah dilakukan diperoleh besar debit banjir rencana yang digunakan dengan periode ulang 100 tahun adalah $23,450 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan elevasi muka air banjir di atas pelimpah adalah $+56,18 \text{ m}$. Ketersediaan air pada Sungai Kedungpawon dengan debit andalan rerata $0,103 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan kebutuhan air di Dusun Bangle sebesar 70.935 l/hari untuk air domestik dan 15.030 l/hari untuk non domestik. Tampungan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi dengan pola tanam palawija-palawija-palawija. Dari analisa-analisa tersebut, direncanakan tubuh embung tipe urugan dengan inti tegak berada pada elevasi dasar $+50,00$ sedangkan elevasi puncaknya $+57,00$, lebar puncak 4 m dan lebar dasar $3,5 \text{ m}$. Kemiringan hulu tubuh embung direncanakan $1: 2,50$ sedangkan kemiringan hilirnya $1: 2,00$. Selain itu direncanakan pula pelimpah depan dengan tipe Ogee dengan lebar saluran 6 m . Kolam olak untuk meredam energi direncanakan menggunakan USBR Tipe III. Konstruksi tubuh embung dan pelimpah telah dianalisis keamanannya dan dinyatakan aman dalam kondisi muka air normal dan muka air banjir.

Kata Kunci : embung, air baku, irigasi, kebutuhan air

I. PENDAHULUAN

Kabupaten Nganjuk merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang terletak di bagian barat dari wilayah Provinsi Jawa Timur pada koordinat $111^{\circ} 5' - 112^{\circ} 13'$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 20' - 7^{\circ} 50'$ Lintang Selatan.. Salah satu nama desanya adalah Desa Bangle. Desa tersebut memiliki dua Dusun yaitu Dusun Bangle dan Dusun Pule. Desa Bangle juga dilewati oleh Sungai Kedungpawon yang bermuara ke Sungai Roh Buntu. Luas daerah aliran Sungai Kedungpawon sendiri adalah seluas $0,830 \text{ km}^2$. Desa Bangle memiliki potensi sumber daya alam dalam aspek pertanian yang cukup besar sehingga pengelolaan sumber daya air yang baik terutama untuk menunjang pengembangan bidang pertanian secara umum akan meningkatkan perekonomian daerah tersebut. Untuk lebih meningkatkan produktifitas pertanian, karena bidang usaha tersebut sangat bergantung pada ketersediaan air, maka diperlukan pengelolaan sumber daya air yang ada di daerah tersebut.

Berdasarkan data dari Dinas ESDM Provinsi Jawa Timur, Desa Bangle merupakan salah satu desa yang tercatat dalam data daerah sulit air pada tahun 2012. Ketidakseimbangan antara ketersediaan dengan kebutuhan air mengakibatkan warga kesulitan memperoleh air. Kesulitan air berdampak besar pada kebutuhan air baku untuk kebutuhan rumah tangga di Desa Bangle. Untuk memecahkan masalah di Desa Bangle dalam memenuhi kebutuhan air adalah dengan cara direncanakan pembangunan embung di Desa Bangle, Kecamatan Lengkon. Pada studi dan survei sebelumnya yang telah dilakukan oleh PT. Barunadri dalam Laporan Antara SID Embung di Kabupaten Nganjuk, disebutkan bahwa terdapat 2 lokasi di Kabupaten Nganjuk yang berpotensi untuk direncanakan Embung [1]. Namun pada Tugas Akhir ini hanya akan merencanakan Embung Bangle yang terletak di Dusun Pule, Desa Bangle, Kecamatan Lengkon karena dianggap lebih baik dan dapat dijalankan lebih awal. Maksud dari perencanaan ini diharapkan dapat merencanakan bangunan

penampung air yang dapat dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku sesuai pertumbuhan penduduk sehingga bermanfaat secara optimal.

II. METODE PENELITIAN

A. Studi Literatur

Studi pengumpulan literatur ini dimaksudkan untuk mengetahui rumus-rumus dan dasar teori yang digunakan dalam perhitungan pengerjaan artikel ini, meliputi analisa hidrologi, analisa kebutuhan air, analisa ketersediaan air, analisa hidrolika, dan analisa stabilitas embung.

B. Pengumpulan Data

Untuk melakukan analisa perhitungan dalam perencanaan embung, maka dibutuhkan data-data penunjang. Data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan embung antara lain adalah data hidrologi, data klimatologi, data topografi, data jumlah penduduk, dan data tanah.

C. Analisa Data

Dari tahap pengumpulan data kemudian dilakukan pengolahan data. Hasil pengolahan data tersebut digunakan untuk merencanakan tubuh embung, bangunan pelimpah maupun bangunan pelengkap embung. Tahapan analisis data/proses perhitungan secara sistematis meliputi: Analisa hidrologi, analisa kebutuhan air, analisa tampungan air, analisa hidrolika dan analisa stabilitas embung.

D. Diagram Alir

Langkah-langkah yang perlu dilakukan, digambarkan pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Pengerjaan Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Umum

Diketahui data umum lokasi perencanaan Embung Bangle adalah sebagai berikut :

Luas Das = 0,830 km²

Panjang Sungai Utama = 1,836 km

B. Analisa Distribusi Frekuensi

Analisa distribusi frekuensi merupakan pengolahan data hujan secara statistik dengan cara menentukan parameter statistik yang akan digunakan kemudian melakukan pemilihan jenis metode yang tepat. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa jenis distribusi yang digunakan adalah Log Pearson Tipe III. Rekapitulasi hasil dari pengujian distribusi statistik ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1: Kontrol Stabilitas Tubuh Embung dengan Beban Gempa

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
Distribusi Normal	$C_k \approx 3$	5,415	Tidak Memenuhi
Distribusi Normal	$C_s \approx 0$	1,567	Tidak Memenuhi
Distribusi Log Normal	$C_v \approx 0,06$	0,064	Memenuhi
Distribusi Log Normal	$C_s = 3C_v + C_v^2 = 0,193$	0,912	Tidak Memenuhi
Distribusi Gumbel	$C_s \approx 1,14$	1,567	Memenuhi
Distribusi Gumbel	$C_k \approx 5,4$	5,415	Memenuhi
Distribusi Log Pearson III	$C_s \neq 0$	0,912	Memenuhi
Distribusi Log Pearson III	$C_v \approx 0,05$	0,064	Memenuhi

C. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Dengan metode Log Pearson Tipe III, maka dapat dihitung curah hujan rencana periode ulang 100 tahun. Sebelumnya data hujan diuji kebenaran sebaran dengan metode Chi-Kuadrat dan Kolmogorof-Smirnov. Data yang digunakan adalah data hujan di Stasiun Hujan Sumber Kepuh di Nganjuk dari tahun 1997- 2016. Berikut ini adalah rumus metode Log Pearson Tipe III :

$$\log x = \log X_{rt} + k x \text{ Slog}x \dots \dots \dots (1)$$

Dari rumus berikut maka berikut perhitungan untuk menentukan curah hujan rencana adalah :

$$\log x = 2,055 + (-1,652)x 0,132$$

$$\log x = 1,837$$

$$x = 68,704 \text{ mm}$$

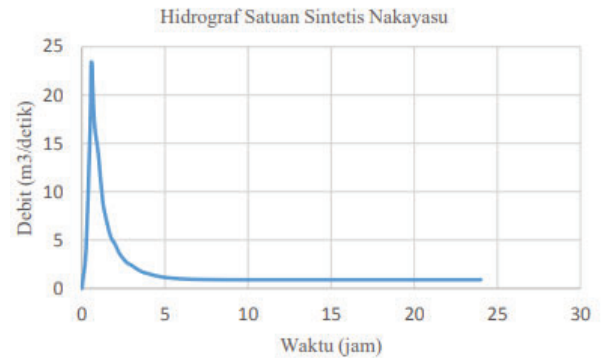
D. Perhitungan Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah hujan yang menjadi aliran langsung permukaan. Angka koefisien pengaliran disesuaikan dengan kondisi DAS daerah yang bersangkutan. Dari peninjauan lokasi DAS Bangle memiliki lahan hutan jati, sehingga nilai C adalah 0,5 dan didapatkan nilai curah hujan efektif adalah 139,642 mm. Perhitungan curah hujan efektif dihitung menggunakan rumus berikut [2] :

$$R_{eff} = C \times R_t \dots \dots \dots (2)$$

E. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Digunakan perhitungan debit banjir dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dan didapatkan debit inflow maksimum periode ulang 100 tahun adalah 23,450 m³/detik, terjadi pada saat waktu puncak t = 0,58 jam. Hidrograf satuan sintetis nakayasu untuk periode ulang 100 tahun dapat dilihat pada Gambar 2.



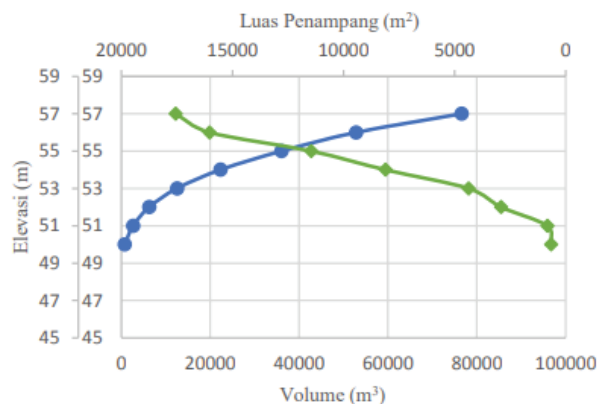
Gambar 2. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu untuk Periode Ulang 100 Tahun

F. Analisa Erosi Dengan Metode USLE

Prediksi erosi adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah dengan penggunaan dan pengelolaan lahan tertentu [3]. Dengan metode USLE didapatkan angka erosi pada daerah DAS yang akan menyebabkan sedimentasi pada tampungan embung. Dengan metode USLE didapatkan sedimentasi potensial dengan luas DAS 0,830 km² adalah 90,94 m³/tahun.

G. Analisa Kapasitas Tampungan

Lengkung Kapasitas merupakan garfik hubungan antara elevasi dengan luas dan volume suatu embung. Dalam perhitungannya, diperlukan data topografi untuk menghitung luas genangan dan volume tampungan embung rencana. Grafik lengkung kapasitas dapat dilihat pada Gambar 3.

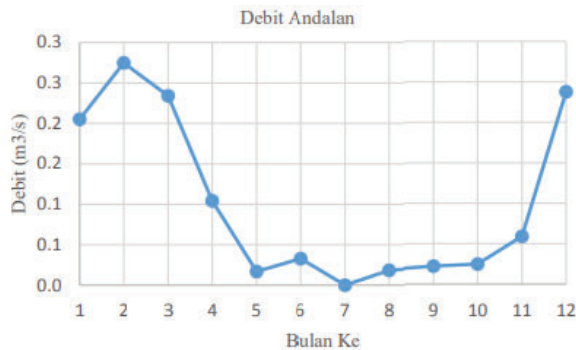


Gambar 3. Grafik Lengkung Kapasitas

Dari grafik dapat diketahui bahwa luas dan volume dari embung tersebut yaitu terletak pada elevasi +55,00 m dengan volume sebesar 36.032,513 m³. Direncanakan elevasi tampungan matinya pada + 51,00 sehingga volume *dead storage* adalah 2.612,063 m³. Kemudian dapat ditentukan volume efektifnya sebesar 36.032,513 m³ - 2.612,063 m³ = 33.420,45 m³.

H. Ketersediaan Air

Untuk mengetahui ketersediaan air pada sungai, maka perlu dihitung dengan metode F.J. Mock. Metode ini menganggap bahwa hujan yang jatuh pada catchmen area sebagian hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung jadi direct run-off dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah lewat infiltrasi. Hasil analisa debit andalan dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4. Debit Andalan

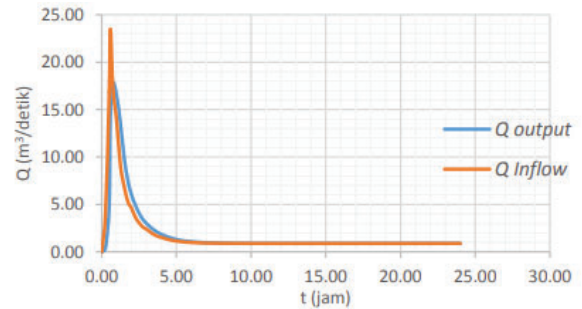
I. Kebutuhan Air

Kebutuhan air pada Desa Bangle akan digunakan untuk kebutuhan air baku dan kebutuhan irigasi. Berikut ini adalah rincian kebutuhan air Desa Bangle :

- Kebutuhan Air baku Jumlah penduduk pada tahun 2016 adalah 940 jiwa. untuk proyeksi selama 28 tahun umur rencana embung pada tahun 2043 jumlah penduduk mencapai 1045 jiwa. Sehingga jumlah kebutuhan air baku untuk sambungan rumah dan hidran umum sebesar 111.754,6 l/hari.
- Kebutuhan Irigasi Dari hasil perhitungan pola tanam dengan pola tanam palawija-palawija-palawija, debit andalan dapat mengairi sawah seluas 10 Ha.

J. Penelusuran Banjir (Flood Routing)

Tujuan dari penelusuran banjir adalah untuk mengetahui daya tampung embung terhadap banjir rencana yang terjadi pada periode ulang tertentu. Perubahan inflow dan outflow akibat adanya tampungan. Maka pada suatu embung akan terdapat inflow banjir (I) akibat adanya banjir dan outflow (O) apabila muka air embung naik sehingga terjadi limpasan [4].

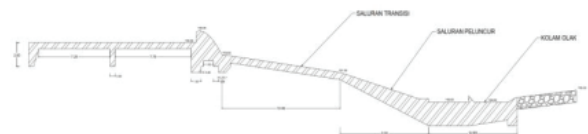


Gambar 5. Flood Routing

Dari hasil perhitungan didapatkan debit banjir (outflow) yang terjadi untuk periode ulang 100 tahun adalah 17,75 m³/detik dengan elevasi banjir berada pada +56,18 m.

K. Perencanaan Pelimpah

Suatu pelimpah banjir merupakan katup pengaman untuk suatu embung. Maka pelimpah banjir seharusnya mempunyai kapasitas untuk mengalirkan banjir-banjir besar tanpa merusak embung atau bangunan lain. Maka dari itu direncanakan pelimpah depan dengan mercu tipe Ogee dengan banjir rencana (outflow) adalah 17,75 m³/detik. Memiliki lebar 6 meter, dengan tinggi air diatas mercu +56,18 m. Direncanakan juga saluran transisi dengan panjang saluran 12,09 m, saluran peluncur dengan panjang 9,34 m dan juga kolam olak sepanjang 9 meter. Masing-masing saluran direncanakan dengan lebar 6 meter. Dibawah ini merupakan ilustrasi gambar perencanaan pelimpah.



Gambar 6. Desain Pelimpah

L. Perencanaan Peredam Energi

Untuk mereduksi energi yang terdapat pada aliran dari saluran peluncur, maka di ujung hilir saluran peluncur dibuat bangunan peredam energi. Peredam energi direncanakan menggunakan USBR Tipe III, dan sudah memenuhi syarat- syarat berikut :

- $q < 18,5 \text{ m}^3/\text{s/m}^2$
- $V < 18 \text{ m/s}$
- Angka Froude $> 4,5$

Dimensi yang digunakan dapat ditentukan berdasarkan grafik hubungan Angka Froude dengan h_3/D_1 , h_4/D_1 , dan L/D_2 [5].

Berdasarkan Angka Froude pada bagian hilir adalah 6,82 sehingga diperoleh dimensi untuk kolam olak adalah sebagai berikut :

- $h_3 = 0,495$ m
- $h_4 = 0,388$ m
- $L = 8,937$ m

M. Analisa Stabilitas Pelimpah

Analisa stabilitas terdiri dari stabilitas guling, stabilitas geser, stabilitas daya dukung tanah, stabilitas retak dan stabilitas ketebalan kolam olak. Dihitung pada dua kondisi yaitu kondisi muka air normal dan muka air banjir.

1. Kondisi Muka Air Normal

- Stabilitas Guling : $SF = 3,12 > 1,5$ [OKE]
- Stabilitas Geser : $SF = 3,19 > 1,5$ [OKE]
- Stabilitass Daya Dukung :
 $\sigma_{max} = 3,91 \text{ t/m}^2/\text{m} < \sigma_{ijin}$ [OKE]
 $\sigma_{max} = 3,64 \text{ t/m}^2/\text{m} < \sigma_{ijin}$ [OKE]
- Stabilitas Retak :
 $e = 0,021 < 0,583$ [OKE]
- Kontrol Ketebalan Kolam Olak
 Hasil perhitungan kontrol ketebalan kolam olak dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Kontrol Kolam Olak Kondisi Muka Air Normal

Titik	Px	Wx	$S \frac{Px - Wx}{\gamma}$	dx	Ket
X	3,784	0,00	1,971	2	OKE
Y	3,597	0,00	1,874	2	OKE
Z	2,841	0,00	1,479	1,6	OKE
1	3,271	0,00	1,703	2,1	OKE
2	3,224	0,00	1,679	2,6	OKE

2. Kondisi Muka Air Banjir

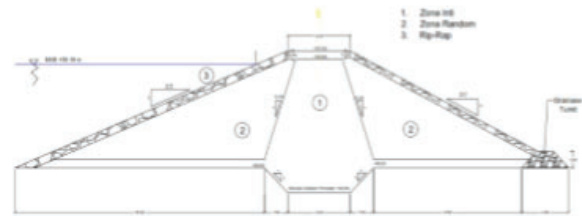
- Stabilitas Guling : $SF = 1,43 > 1,2$ [OKE]
- Stabilitas Geser : $SF = 1,203 > 1,2$ [OKE]
- Stabilitass Daya Dukung :
 $\sigma_{max} = 5,72 \text{ t/m}^2/\text{m} < \sigma_{ijin}$ [OKE]
 $\sigma_{max} = 0,14 \text{ t/m}^2/\text{m} < \sigma_{ijin}$ [OKE]
- Stabilitas Retak :
 $e = 0,555 < 0,583$ [OKE]
- Kontrol Ketebalan Kolam Olak
 Hasil perhitungan kontrol ketebalan kolam olak dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Kontrol Kolam Olak Kondisi Muka Air Banjir

Titik	Px	Wx	$S \frac{Px - Wx}{\gamma}$	dx	Ket
X	6,035	3,45	1,346	2	OKE
Y	5,896	3,45	1,273	2	OKE
Z	5,204	3,45	0,913	1,6	OKE
1	5,652	3,45	1,147	2,1	OKE
2	5,617	3,45	1,129	2,6	OKE

N. Perencanaan Tubuh Embung

Tubuh embung direncanakan menggunakan tipe urugan dengan inti tegak. Dari hasil perhitungan didapatkan lebar crest embung adalah 4 meter pada elevasi +57,00. Dengan dasar tubuh embung ada pada elevasi +50,00; sehingga tinggi total tubuh embung adalah 7 meter dan lebar dasarnya 35.5 meter. Direncanakan kemiringan hulu embung 1:2,50 sedangkan kemiringan hilirnya adalah 1:2,00. Sketsa desain tubuh embung dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Desain Tubuh Embung

O. Analisa Stabilitas Tubuh Embung

Analisa stabilitas pada lereng tubuh embung ditinjau pada beberapa kondisi yaitu kondisi kosong, kondisi muka air banjir, kondisi 1/2 muka air banjir, dan kondisi 3/4 muka air banjir.

Masing-masing dihitung pada bagian hulu dan hilir. Pada analisa stabilitas ini menggunakan program bantu GeoStudio 2012 Slope/W dengan beban gempa maupun tanpa beban gempa. Didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Kondisi Tanpa Gempa

Rekapitulasi perhitungan stabilitas tubuh embung tanpa beban gempa dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4: Kontrol Stabilitas Tubuh Embung Tanpa Beban Gempa

No	Kondisi	Hulu	Hilir	SF Standart	CEK
1	Kosong	2,063	1,816	1,5	OKE
2	Muka Air Banjir	2,129	1,706	1,5	OKE
3	½ Muka Air Banjir	1,948	1,766	1,5	OKE
4	¾ Muka Air Banjir	2,326	1,751	1,5	OKE
5	RDD	1,352	-	1,1	OKE

2. Kondisi dengan Beban Gempa ($k=0,17$)
Rekapitulasi perhitungan stabilitas tubuh embung dengan beban gempa dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5: Kontrol Stabilitas Tubuh Embung dengan Beban Gempa

No	Kondisi	Hulu	Hilir	SF Standart	CEK
1	Kosong	1,362	1,242	1,2	OKE
2	Muka Air Banjir	1,456	1,284	1,2	OKE
3	½ Muka Air Banjir	1,276	1,314	1,2	OKE
4	¾ Muka Air Banjir	1,399	1,308	1,2	OKE
5	RDD	1,119	-	1,1	OKE

IV. KESIMPULAN DAN RINGKASAN

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat dibuat poin-poin kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari perhitungan berdasarkan data curah hujan yang terjadi dapat diketahui nilai dari debit rencana inflow sebesar $23,45 \text{ m}^3/\text{s}$ berdasarkan perhitungan menggunakan distribusi Log Pearson III, dengan periode ulang banjir untuk 100 tahun.
2. Berdasarkan analisa debit andalan menggunakan metode perhitungan F.J. Mock, maka didapatkan debit andalan rata-rata sebesar $0,103 \text{ m}^3/\text{s}$.
3. Berdasarkan analisa dari data pada Desa Bangle maka didapatkan uraian jumlah kebutuhan air untuk Desa Bangle adalah sebagai berikut :
 - Kebutuhan Domestik : 70.935 l/hari
 - Kebutuhan Non Domestik : 15.030 l/hari
 - Kehilangan Energi : $25.789.6 \text{ l/hari}$
 - Kebutuhan irigasi dapat melayani 10 Ha sawah dengan pola tanam Palawija-Palawija-Palawija
4. Dari grafik lengkung kapasitas maka dapat diketahui bahwa Embung Bangle memiliki kapasitas tampungan efektif sebesar

$33.420,45 \text{ m}^3$ dan kapasitas tampungan matinya sebesar $2.612,06 \text{ m}^3$ selama umur rencana 28 tahun.

5. Dari hasil perhitungan perencanaan maka didapatkan dimensi dan desain pelimpah sebagai berikut :
 - Tipe mercu = Tipe Ogee
 - Lebar pelimpah = 6 meter
 - Tinggi pelimpah = 1 meter
 - Panjang saluran transisi = 12,09 meter
 - Panjang saluran peluncur = 9,34 meter
 - Lebar saluran peluncur = 6 meter
 - Elevasi mercu pelimpah = +55,00 m
 - Elevasi dasar pelimpah = +54,00 m
6. Dari analisa stabilitas untuk pelimpah didapatkan nilai safety factor untuk kondisi muka air banjir lebih dari SF rencana yaitu 1,2. Sedangkan dalam kondisi muka air normal, nilai safety factor nya lebih besar dari SF rencana yaitu 1,5. Dengan nilai safety factor yang sudah melebihi nilai amannya maka dapat disimpulkan bahwa pelimpah dalam kondisi aman.
7. Dari hasil perhitungan perencanaan maka didapatkan dimensi dan desain kolam olak sebagai berikut :
 - Panjang Kolam Olak = 9 meter
 - Lebar Kolam Olak = 6 meter
 - Elevasi dasar Kolam Olak = + 49,00 m
 - Tipe kolam olak = USBR Tipe III
8. Dari hasil perhitungan perencanaan maka didapatkan dimensi dan desain tubuh embung sebagai berikut :
 - Tipe = Urugan Inti Tegak
 - Tinggi = 7 meter
 - Lebar mercu = 4 meter
 - Lebar dasar = 35,5 meter
 - Elevasi mercu = + 57,00 m
 - Elevasi dasar = + 50,00 m
 - Kemiringan hulu = 1 : 2,50
 - Kemiringan hilir = 1 : 2,00
9. Dari analisa stabilitas untuk tubuh embung didapatkan bahwa dalam semua kondisi yaitu kondisi kosong, muka air banjir, ½ tinggi muka air banjir, ¾ muka air banjir memiliki dan kondisi Rapid Drawdown memiliki safety factor lebih besar dari 1.5 untuk beban tanpa gempa, lebih besar dari 1.2 untuk beban gempa dan lebih besar dari 1.1 untuk kondisi Rapid Drawdown.

Sehingga tubuh embung aman dari kelongsoran lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barunadri Consultan Engineering. 2014. Laporan Akhir SID Embung Kabupaten Nganjuk. Nganjuk.
- [2] Triatmojo, Bambang. 2008. Hidrologi Terapan. Yogyakarta : Beta Offset.
- [3] Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- [4] Soemarto. 1999. Hidrologi Teknik. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- [5] U.S Department of the Interior; Bureau of Reclamation. 1987. Desain of Small Dams. New Delhi : Oxford and IBH Publishing CO
- [6] Cahyadi, A. D., Lasminto, U. dan Ansori, M. B. Redesain Bendungan Way Apu Kabupaten Buru Provinsi Maluku. Jurnal Hidroteknik, vol. 1, no. 2 (2015). pp 67-74.
- [7] Margini, N. F., Nusantara, D. A. D., & Ansori, M. B. (2017). Analisis Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dan ITB Pada Sub DAS Konto, Jawa Timur. Jurnal Teknik Hidroteknik Vol. 2 No. 1.