

REDESAIN BENDUNGAN WAY APU KABUPATEN BURU PROVINSI MALUKU

Ahmad Dwi Cahyadi, Umboro Lasminto, dan Mohamad Bagus Ansoro.

Jurusan S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: ahmad.d.cahyadi@gmail.com, umboro.lasminto@ce.its.ac.id, bagus.ansori@ce.its.ac.id

Abstrak

Kecamatan Waeapo merupakan kecamatan dengan jumlah penduduk terpadat di Kabupaten Buru. Sebagian besar penduduknya bekerja pada sektor pertanian, oleh karena itu Kecamatan Waeapo termasuk dalam wilayah pertanian untuk Kabupaten Buru dengan penghasilan padi terbesar bagi Provinsi Maluku dan khususnya bagi Kabupaten Buru. Hasil pertaniannya tidak hanya padi namun banyak lagi misalkan ubi-ubian, kacang-kacangan dan lainnya. Untuk itu kebutuhan air yang dibutuhkan harus tersedia sepanjang tahun agar tetap menjaga hasil produksi tidak berkurang, tetapi pada kenyataannya ketersediaan air tidak selalu ada karena adanya musim kemarau dan pada saat musim penghujan pun sungai Way Apu tidak dapat menampung debit air yang ada. Bendungan adalah salah satu alternatif solusi untuk menampung air saat hujan turun dan memanfaatkan air tersebut saat musim kemarau.

Perhitungan yang dipakai dalam Perencanaan yaitu meliputi perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan Pearson Tipe III, analisa ketersediaan debit menggunakan metode FJ Mock, debit rencana menggunakan metode hidrograf Nakayasu, analisa tampungan menggunakan lengkung kapasitas waduk, sedangkan untuk penelusuran banjir menggunakan metode tahap demi tahap (*step by step*), analisa tubuh bendungan dan kestabilannya, serta analisa pelimpah dan kestabilannya.

Dari perhitungan yang telah dilakukan diperoleh curah hujan rencana sebesar 895.76 mm, debit rencana periode ulang PMF sebesar 5959,9 m³/detik, dengan kapasitas tampungan efektif sebesar 10,241,211.48 m³ dan dengan debit andalan rata-rata sebesar 10,05 m³/detik. Kebutuhan air baku sebesar 0,2162 m³/detik, kebutuhan PLTA sebesar 0,4 m³/detik dan kebutuhan irigasi dengan luas sawah yang terairi sebesar 7600 ha telah terpenuhi atau tercukupi. Mercu bangunan pelimpah menggunakan mercu tipe Ogee pada elevasi +123.50 dan elevasi muka air banjir pada elevasi +129.20. Tubuh bendungan menggunakan urugan tanah dengan kemiringan hulu dan hilir adalah 1:2, elevasi puncak bendung pada elevasi +131.50 dengan dasar bendungan pada elevasi +107.50, dan panjang dasar tubuh bendungan adalah 103.00 m. Perhitungan stabilitas tubuh bendungan dan spillway aman terhadap gaya-gaya yang terjadi baik dalam kondisi muka air banjir maupun dalam kondisi muka air normal.

Kata kunci : Bendungan Way Apu, Bangunan Pelimpah, Tubuh Bendungan

I. PENDAHULUAN

Kecamatan Waeapo merupakan kecamatan dengan jumlah penduduk terpadat kedua setelah kecamatan Namrole menurut sensus penduduk Kabupaten Buru pada tahun 2010 dengan jumlah 34.153 jiwa. Sebagian besar penduduknya bekerja pada sektor pertanian, karena itu Kecamatan Waeapo termasuk dalam wilayah pertanian untuk Kabupaten Buru dengan penghasilan padi terbesar bagi Provinsi Maluku dan khususnya bagi Kabupaten Buru. Hasil produksi pertanian Kecamatan Waeapo tidak hanya padi namun banyak lagi misalkan ubi-ubian, kacang-kacangan dan lainnya. Untuk itu kebutuhan air yang dibutuhkan harus tersedia sepanjang tahun agar tetap menjaga hasil produksi tidak berkurang, tetapi pada kenyataannya ketersediaan air

tidak selalu ada sepanjang tahun diakibatkan adanya musim kemarau dan pada musim penghujan kapasitas tampung Sungai Way Apu tidak dapat menampung debit air yang ada.

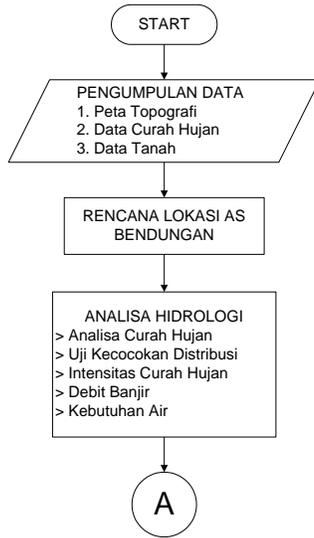
Salah satu Solusi untuk mengatasi masalah diatas adalah direncanakannya pembangunan Bendungan Way Apu yang diharapkan dapat menyediakan air baku, air irigasi, sekaligus berfungsi sebagai pengendali banjir serta kebutuhan air untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Mini hidro, karena sampai dengan tahun 2010, wilayah kecamatan Waeapo belum seluruhnya tersambung jaringan listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Pada Studi sebelumnya mengenai perencanaan bendungan Way Apu ini dilakukan oleh PT. ABCO CONSULTANT dalam laporan pendahuluan yang berjudul "DED(*Detail*

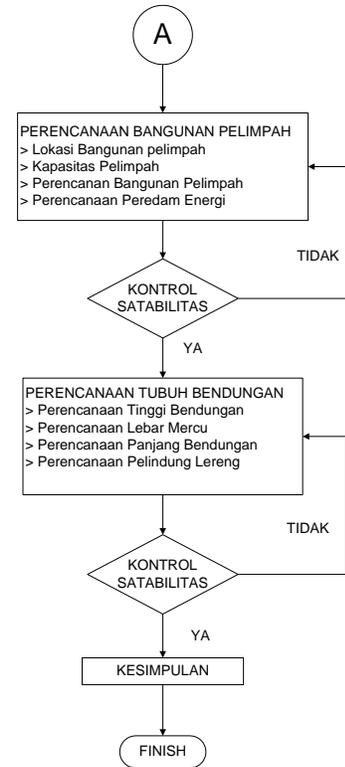
Engineering Design) Bendungan Way Apu Pulau Buru Kabupaten Buru”, maka pada penyusunan tugas akhir ini akan direncanakan desain tubuh bendungan (*main dam*), bangunan pelimpah (*Spillway*), dan bangunan pelengkap alternatif menggunakan lokasi kedudukan bendungan yang berbeda dari desain sebelumnya.[1]

II. METODOLOGI PENELITIAN

Sistematika metodologi penelitian apabila dibuat dalam diagram alir, dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2 di bawah ini.



Gambar 1 Diagram Alir Metode Penelitian



Gambar 2 Lanjutan Diagram Alir Metode Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemilihan Lokasi Bendungan

Dengan mempertimbangkan dan memperhatikan beberapa ketentuan yang disarankan oleh Ir. Soedibyo dalam bukunya Teknik Bendungan [2] dan berdasarkan laporan DED PT. ABCO Consultan maka didapat lokasi bendungan digeser atau di majukan ke arah hulu sejauh 400m dengan koordinat dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 1 Koordinat Lokasi Bendungan

No	Nama BM	X	Y
1	BM 01	260932,2754	9607800,02
2	BM 02	260047,2391	9608428,41

(Sumber : Hasil Analisa)

3.2 Analisa Distribusi Frekuensi

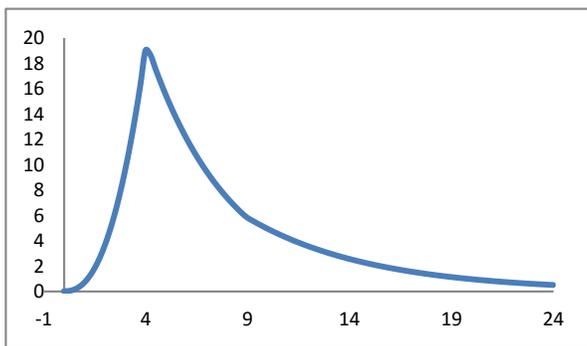
Analisa distribusi frekuensi adalah untuk mendapatkan curah hujan rencana yang ditetapkan. Curah hujan periode ulang tertentu ditetapkan dengan menggunakan metode distribusi Pearson Tipe III dengan curah hujan periode ulang PMF sebesar 895,76 mm.

3.3 Perhitungan Curah Hujan Efektif

Kondisi DAS Bendungan Way Apu merupakan daerah yang persawahan dan daerah yang ditanami. Maka koefisien pengaliran merupakan daerah pertanian 0,45-0,6 ditentukan koefisien pengaliran sebesar 0,5 dan didapatkan besarnya curah hujan efektif sebesar 447.880 mm.[3]

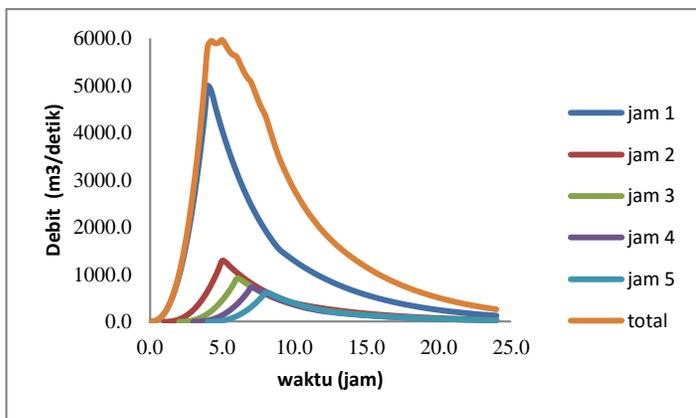
3.4 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Dalam perhitungan unit hydrograph Bendungan Way Apu ini akan digunakan metoda hydrograph satuan sintetik Nakayazu. Grafik hidrograf Nakayazu menunjukkan debit maksimum adalah sebesar 19.031 m³/detik. Seperti pada gambar 3 berikut ini :



Gambar 3 Unit hydrograph metode Nakayazu

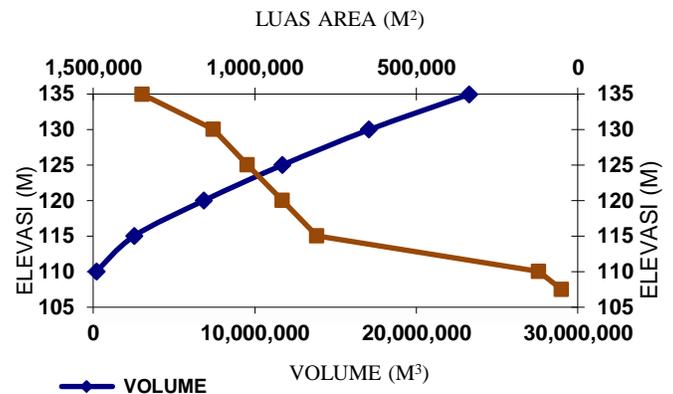
Dan dengan perhitungan periode ulang didapat debit banjir rencana periode ulang PMF didapatkan harga debit maksimum sebesar 5959,9 m³/detik. Seperti pada gambar 4 berikut ini :



Gambar 4 Hydrograph debit PMF metode Nakayazu

3.5 Analisa Kapasitas Tampung

Lengkung kapasitas adalah grafik hubungan antara elevasi dengan luas dan volume suatu bendungan. Perhitungan hubungan anatar elevasi terhadap volume bendungan didasarkan pada peta topografi dan beda tinggi. Grafik hubungan antara elevasi dengan luas volume suatu waduk seperti pada Gambar 5.

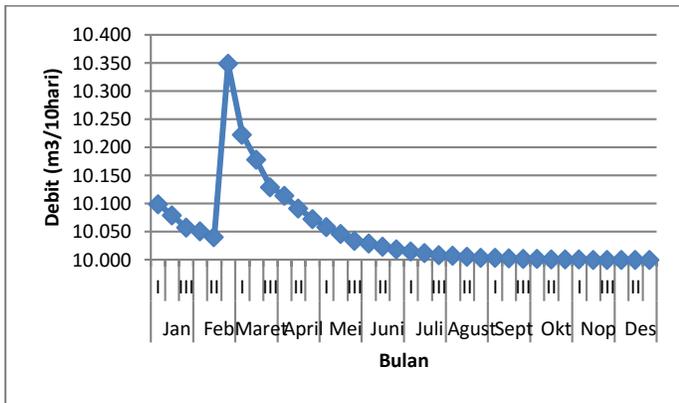


Gambar 5 Grafik Hubungan Elevasi, Luas Genangan dan Volume

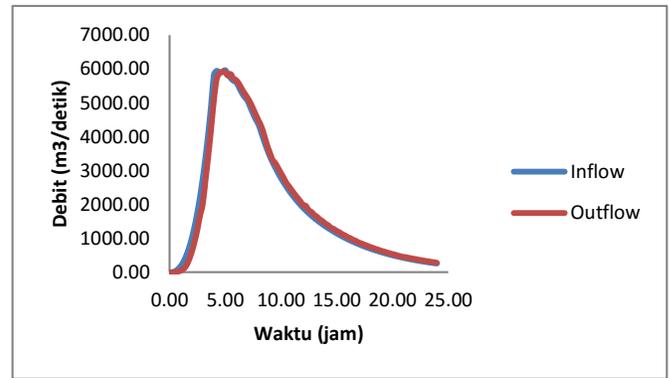
Dari grafik tersebut dapat dicari luas dan volume efektif dari bendungan tersebut yaitu dengan elevasi +123.5 , luas area 1,000,000 m² dan volume sebesar 10,241,211.48 m³.

3.6 Ketersediaan Air

Metode yang di pakai adalah Metode Fj Mock. Metode ini menganggap bahwa hujan yang jatuh pada *catchment Area* sebagian akan hilang sebagai *evapotranspirasi*, sebagian akan langsung menjadi *direct run off* dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*). Analisa ketersediaan debit dengan menggunakan metode Fj mock dapat dihitung. Dan Debit andalan di dapat dari Perhitungan debit air tersedia pada analisa debit air yang tersedia dimana prosentasenya adalah sebesar 80% terlampaui dan selanjutnya dijadikan debit andalan. Prosentase yang akan diambil untuk debit andalan adalah sebesar 80% sehingga prosentase tidak terpenuhinya adalah sebesar 20%. Berikut adalah grafik debit andalan.



Gambar 6 Grafik debit andalan 80%



Gambar 7 Reservoir Routing dengan Q PMF

3.7 Kebutuhan Air

Kebutuhan air untuk PLTA minihidro

Kebutuhan air untuk *maintenance flow* yaitu kebutuhan air yang digunakan untuk menjaga agar selalu terdapat aliran air pada Sungai. Untuk Waduk Way Apu kebutuhan air untuk *maintenance flow* direncanakan sebesar 0,4 m³/dt.

Kebutuhan Air Baku

Jumlah penduduk untuk proyeksi 100 tahun yang akan datang pada tahun 2110 adalah sebesar 151.368 jiwa dan jumlah kebutuhan air penduduk sebesar 74,762 lt/dtk atau sebesar 0,2162 m³/dtk.

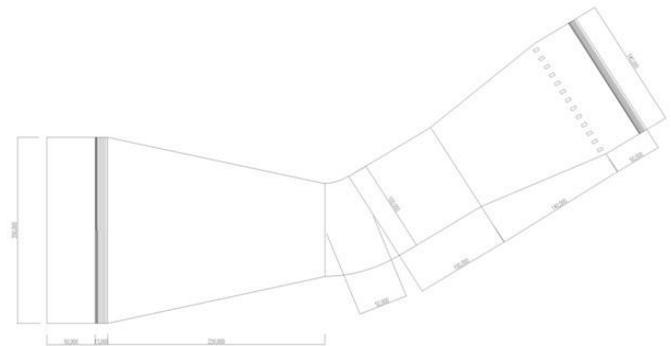
Kebutuhan Irigasi

Debit *inflow* diperoleh dari perhitungan Fj Mock, sedangkan debit *outflow* diperoleh dari perhitungan kebutuhan air penduduk, evapotranspirasi dan kebutuhan irigasi.. Dari hasil perhitungan didapat luas sawah yang dapat diairi sebesar 7600 ha. [4]

3.8 Penelusuran Banjir Waduk

Tujuan penelusuran banjir adalah untuk mengetahui daya tampung bendungan terhadap banjir rencana yang terjadi selama umur rencana bendungan. Debit banjir yang terjadi selama umur rencana bendungan yaitu PMF adalah sebesar 5093,87 m³/detik pada elevasi +129.2. Grafik penelusuran banjir dapat dilihat pada gambar 6 sebagai berikut:[5]

3.9 Perencanaan Pelimpah



Gambar 8 Bangunan Pelimpah

Bangunan pelimpah harus mampu melimpahkan kelebihan air dari debit banjir yang akan dibuang sehingga kapasitas bendungan dapat dipertahankan sampai batas maksimum. Perencanaan ini menggunakan mercu Ogee type 1 dengan hulu tegak. Direncanakan tinggi pelimpah 13.5m dan lebar 200 m. Direncanakan lengkap dengan bagian-bagiannya, yaitu : saluran pengatur, saluran transisi, saluran peluncur lurus, saluran peluncur terompel dan kolam olak tipe IV.[6]

Kestabilan pelimpah di tinjau dari dua kondisi yaitu saat kondisi normal dan kondisi air banjir sebagai berikut :

Kondisi normal
Kontrol Guling :

$$\frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Guling}} \geq SF$$

$$2,99 \geq 1,2 \quad (\text{OK})$$

Kontrol Geser :
$$\frac{(\sum V - \sum U)f}{\sum H} \geq 1,2$$

2,43 \geq 1,2 (OK)

Kontrol Terhadap Daya Dukung Tanah

$$\sigma_{12} = \frac{\sum V}{B \times L} x \left(1 \pm \frac{6xe}{B}\right)$$

$$\rightarrow \sigma_1 = \frac{\sum V}{B \times L} x \left(1 + \frac{6xe}{B}\right) < \sigma_{ijin}$$

44,66 < σ_{ijin} (OK)

$$\rightarrow \sigma_2 = \frac{\sum V}{B \times L} x \left(1 - \frac{6xe}{B}\right) > 0$$

27,89 > 0 (OK)

Kontrol Ketebalan Lantai

$$dx \geq SF \times \frac{Px - Wx}{\gamma}$$

4.0 \geq 3.13 (OK)

Kondisi muka air banjir

Kontrol Guling :
$$\frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Guling}} \geq SF$$

1.95 \geq 1,2 (OK)

Kontrol Geser :
$$\frac{(\sum V - \sum U)f}{\sum H} \geq 1,2$$

1.34 \geq 1,2 (OK)

Kontrol Terhadap Daya Dukung Tanah

$$\sigma_{max} = \frac{2V}{Lx3(B/2 - e)} < \sigma_{ijin}$$

56,39 < 67 (OK)

Kontrol Ketebalan Lantai

$$dx \geq SF \times \frac{Px - Wx}{\gamma}$$

4.0 \geq 3.75 (OK)

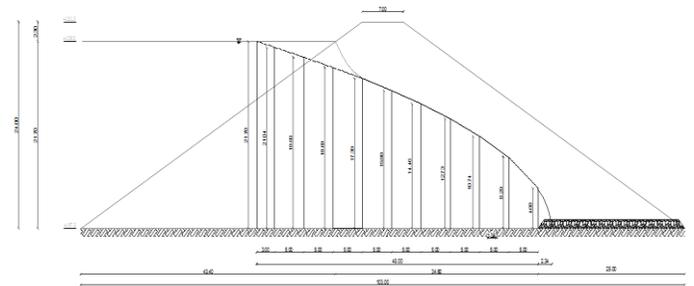
3.10 Perencanaan Tubuh Embung

Tubuh bendungan direncanakan dengan tipe homogen yang berupa urugan tanah (*earth fill*), material tanah urugan diambil dari daerah sekitar lokasi bendungan. Perhitungan yang dilakukan memperoleh hasil Tinggi jagaan 2.3 m, tinggi puncak bendungan 24m, lebar mercu bendungan 7 m, lebar dasar bendungan 103m, dan kemiringan lereng urugan dengan perbandingan 1 : 2.[7]

Analisa Garis Depresi

Analisa garis depresi dapat dilihat pada gambar 7 dengan persamaan garis depresi sebagai berikut :

$$y = \sqrt{2y_0 \cdot x + y_0^2}$$



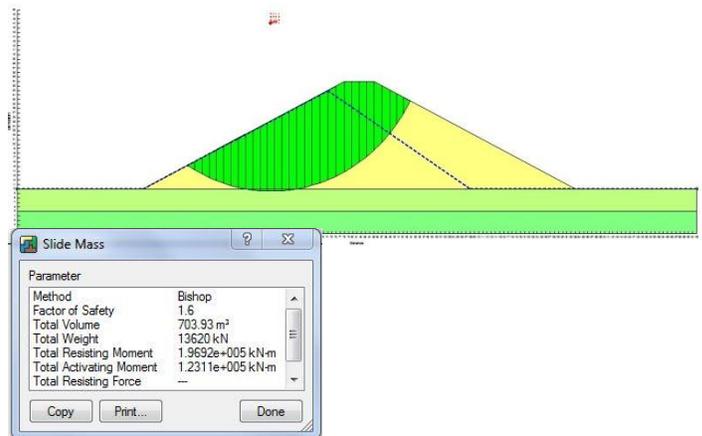
Gambar 9 Garis Depresi Muka Air Kondisi Banjir

Analisa Kelongsoran Lereng

Sebelum dilakukan perhitungan stabilitas lereng, terlebih dahulu perlu dianalisa bidang longsor yang terjadi. Titik pusat (titik O) pada bidang longsor ditentukan oleh parameter-parameter sudut α , ϕ , dan β . Dengan kemiringan lereng 1 : 2 menurut tabel 2.9 nilai sudut $\alpha = 25^\circ$ dan sudut $\beta = 35^\circ$. Dan penggambaran bidang longsor untuk lereng dapat dilihat pada lampiran. [8]

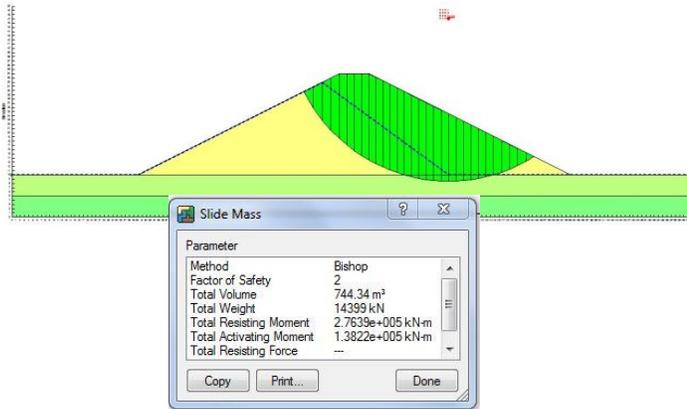
Setelah didapat titik pusat (titik O) maka dapat dilanjutkan dengan mencari angka keamanan bendungan terhadap kelongsoran dengan menggunakan Geoslope 2007. Berikut hasil analisa kelongsoran untuk lereng hilir dan lereng hulu :[9]

Lereng Hulu



Gambar 10 Kelongsoran Lereng Hulu

Lereng Hilir



Gambar 11 Kelongsoran Lereng Hilir

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari uraian secara umum dan perhitungan secara teknis pada bab-bab sebelumnya maka dapat disimpulkan :

1. Lokasi kedudukan Bendungan Way Apu terletak pada koordinat sebagai berikut :

Tabel 6.1 Koordinat Bendungan Way Apu

No	Nama BM	X	Y
1	BM 01	260932,2754	9607800,02
2	BM 02	260047,2391	9608428,41

2. Analisa hidrologi menggunakan distribusi Pearson Tipe III dan didapat tinggi curah hujan maximum sebesar 895,76 mm. Debit banjir rencana perhitungannya menggunakan metoda Nakaysu periode ulang PMF. Dengan besaran debit rencana maksimum adalah 5959,9 m³/detik
3. Berdasarkan lengkung kapasitas bendungan didapat kapasitas tampungan efektif air atau kapasitas tampungan air setinggi mercu bangunan pelimpah adalah sebesar 10,241,211.48 m³ dan berdasarkan hasil Fj Mock didapat rata-rata debit andalan sebesar 10,05 m³/detik.
4. Berdasarkan tabel water balance dengan kapasitas tampung efektif dan debit andalan yang ada dan dikurangi dengan evapotranspirasi, kebutuhan air baku sebesar 0,2162 m³/detik, kebutuhan PLTA sebesar 0,4 m³/detik, dan kebutuhan irigasi dengan

luas sawah yang terairi sebesar 7600 ha telah terpenuhi atau tercukupi.

5. Berdasarkan hasil perhitungan pada perencanaan bendungan , maka didapatkan:
Dimensi Tubuh Bendungan :
Tipe bendungan = Bendungan tipe urugan
Lebar mercu = 7.00 m
Tinggi bendungan = 24.00 m
Lebar dasar bendungan = 103,00 m
Elevasi mercu bendungan = + 131.50
Elevasi dasar bendungan = + 107.50
Kemiringan lereng hulu = 1 : 2
Kemiringan lereng hilir = 1 : 2
Dimensi Pelimpah dan Pelengkap :
Tipe mercu = Mercu Tipe Ogee
Lebar pelimpah = 200 m
Tinggi pelimpah = 13,50 m
Elevasi mercu pelimpah = + 123.50
Elevasi dasar pelimpah = + 110.00
Panjang sal. Transisi = 226 m
Panjang sal. Pembelok = 52 m
Panjang sal. Peluncur lurus = 100 m
Panjang sal. Peluncur terompet = 165 m
Panjang kolam olak = 50 m
Tipe kolam olak = USBR Tipe IV

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT.ABCO Consultan.2014. Laporan Pendahuluan DED (*Detail Engineering Design*) Bendungan Way Apu Pulau Buru Kabupaten Buru. Ambon
- [2] Soedibyo.2003.Teknik Bendungan.Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- [3] Hadisusanto,Nugroho. 2011. Aplikasi Hidrologi. Jakarta : Jogja Mediautama.
- [4] Pekerjaan Umum, Dirjen. 1986. Kriteria Perencanaan 02 – Bangunan Utama. PU
- [5] Sosrodarsono,Suyono dan Kensaku Takeda.2003. Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- [6] Pekerjaan Umum, Dirjen. Kriteria Perencanaan 01 - Bangunan Utama. PU
- [7] Sosrodarsono,Suyono. 2002. Bendungan Type Urugan. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [8] Das, Braja M., Endah, N., Mochtar, I. B. 1993. Mekanika Tanah (Prinsip–Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jakarta: Erlangga.

- [9] Dwi Cahyadi,Ahmad. 2015.Redesain Bendungan Way Apu Kabupaten Buru Provinsi Maluku.Tugas Akhir ITS.
- [10] PT.ABCO Consultan.2014. SID Bendungan Way Apu Pulau Buru Kabupaten Buru. Ambon
- [11] Azmi D.N, Danayanti. 2011.Perencanaan Splillway Bendungan Tugu Trenggalek..Tugas Akhir ITS.
- [12] Rakatunga, Danang. 2009.Perencanaan Waduk Suplesi Pejok Bojonegoro..Tugas Akhir ITS.

Halaman ini sengaja dikosongkan