

PERENCANAAN BENDUNGAN MANONJAYA KABUPATEN TASIKMALAYA, JAWA BARAT

Kalih Amanis Shofa, Muhammad Qorib Hidayat
Sri Eko Wahyuni *), Suseno Darsono

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang 50239,
Telp.: (024) 7474770, Fax.: (024) 7460060

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan air yang disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk di wilayah Kabupaten Tasikmalaya, berbanding terbalik dengan suplai air ke wilayah tersebut. Solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan membangun suatu reservoir air yang terletak di Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat yaitu Bendungan Manonjaya

Bendungan Manonjaya merupakan bendungan tipe urugan dengan inti vertikal yang dibangun di atas Sungai Citanduy dengan luas daerah tangkapan sebesar 590.422 km². Tujuan dibangunnya Bendungan Manonjaya untuk memenuhi kebutuhan air baku dan irigasi di wilayah Kabupaten Tasikmalaya. Bendungan Manonjaya didesain dengan debit banjir rencana periode ulang 100 tahun sebesar 513.9 m³/detik.

Bendungan Manonjaya direncanakan setinggi 23.5 m dengan kapasitas tampungan sebesar 3,9 juta m³. Bendungan tersebut dilengkapi dengan pipa penyadap berdiameter 3,5 m, bangunan pelimpah dengan lebar 30 m, dan kolam olak USBR tipe III.

Pembangunan Bendungan Manonjaya membutuhkan biaya sekitar Rp 154 milyar dan waktu rencana pelaksanaan 33 minggu.

Kata kunci : Manonjaya, Sungai Citanduy, Bendungan

ABSTRACT

Increasing water demand is caused of increasing population at Tasimalaya Regency, inversely with water supply to that area. This problem is solved by constructing a reservoir located in Tasikmalaya regency, West Java that is the Manonjaya Dam.

Manonjaya Dam is a earthfill dam with a vertical core which is built at Citanduy River with 590.422 km² of catchment area. This aims of dam to fulfill public water supply and irrigation at Tasimalaya Regency. Manonjaya Dam is designed with 100 years of return period with inflow discharge valued 513.9 m³/second.

Manonjaya Dam is designed 23.5 meters of height, with 3,9 million cubic meters of capacity. The dam has equipped with 3,5 meters of diameter outlet pipe, spillway with 30 meters of width, and USBR III of stilling basin.

*) Penulis korespondensi, Email: sriekowahyuni@gmail.com

Construction cost of Manonjaya Dam is around 154 billion Rupiahs with scheduled for 33 weeks.

Keywords : Manonjaya, Citanduy River, Dam

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Untuk mengatur ketersediaan air agar di musim hujan tidak terjadi banjir dan kekeringan di musim kemarau maka perlu suatu manajemen yang baik terhadap pengelolaan sumber daya air agar potensi bencana yang disebabkan oleh air tersebut dapat dicegah. Selain itu dengan adanya pengelolaan sumber daya air yang baik maka akan berdampak pada kelestarian dan keseimbangan lingkungan hidup. Pengelolaan sumber daya air dapat dilakukan dengan membuat sistem teknis seperti penghijauan, perkuatan tebing, bendung, embung, bendungan, dan sebagainya maupun dengan sistem non teknis seperti membuat perundang-undangan.

Wilayah Kabupaten Tasikmalaya tepatnya di daerah Manonjaya merupakan daerah yang berbukit, relatif kering dan sumber air yang tersedia relatif sedikit (kecil). Jumlah penduduk yang semakin meningkat setiap tahunnya dan aktifitas masyarakat di sekitar daerah aliran sungai (DAS) yang semakin beragam membuat kebutuhan air semakin meningkat dan menimbulkan masalah keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air. Dari keterbatasan sumber daya air tersebut, diperlukan suatu upaya untuk mengembangkan, mengendalikan, memanfaatkan dan melestarikan sumber air yang ada seoptimal mungkin, agar mendukung keberadaan dan penyediaan kebutuhan air bagi penduduk secara menerus.

Salah satu upaya pemecahan permasalahan tersebut yaitu dengan pembangunan bendungan. Pembangunan bendungan di Kabupaten Tasikmalaya menjadi sangat penting guna menampung air selama musim hujan agar air di sungai Citanduy tidak terbuang begitu saja. Disamping itu dengan adanya bendungan tersebut maka air tanah di sekitarnya akan terjaga.

Maksud dan Tujuan

Maksud direncanakannya pembangunan bendungan Manonjaya adalah sebagai tampungan air pada saat volume air berlimpah yakni pada musim penghujan dan mengurangi bencana banjir yang disebabkan oleh limpasan air tersebut (banjir) di kawasan hilir sungai serta untuk mendukung ketersediaan air pada musim kemarau bagi daerah sekitarnya.

Adapun tujuan dari dibangunnya bendungan Manonjaya di DAS Citanduy ini adalah untuk :

- 1) Memenuhi kebutuhan air baku .
 - 2) Mengendalikan sumber daya air yang ada agar tidak menimbulkan kerusakan atau kemerosotan lingkungan di sekitarnya.
 - 3) Mengoptimalkan potensi sumber daya air sehingga dapat menunjang peningkatan kegiatan produksi di daerah sekitar.
 - 4) Meningkatkan kesejahteraan masyarakat di sekitar bendungan khususnya para petani ataupun masyarakat pada umumnya.
-

- 5) Tersedianya wadah untuk menampung air sehingga tidak terjadi kekurangan air pada musim kemarau.
- 6) Meningkatkan muka air tanah di sekitar bendungan.

METODOLOGI PENELITIAN

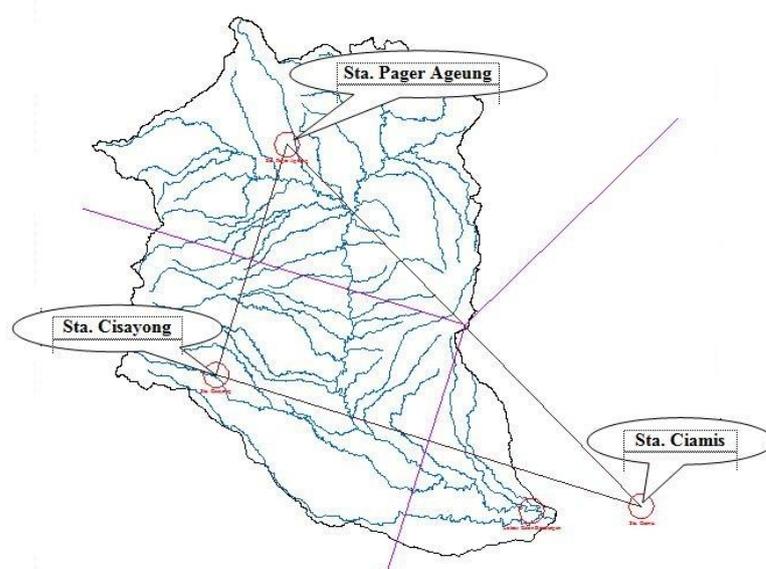
Dalam suatu perencanaan bendungan, terlebih dahulu harus dilakukan survey dan investigasi dari lokasi yang bersangkutan guna memperoleh data perencanaan yang lengkap dan teliti. Untuk mengatur pelaksanaan perencanaan perlu adanya metodologi yang baik dan benar karena metodologi merupakan acuan untuk menentukan langkah-langkah kegiatan yang perlu diambil dalam perencanaan (Soedibyo, *Teknik Bendungan, 1993*). Dalam perencanaan bendungan ini kami membuat metodologi penyusunan sebagai berikut:

- a. Survey dan Investigasi Pendahuluan
- b. Studi Literatur
- c. Pengumpulan Data
- d. Analisis Hidrologi
- e. Perencanaan Konstruksi Bendungan
- f. Perhitungan Stabilitas Konstruksi Bendungan
- g. Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)
- h. Gambar Kerja (*shop drawing*) dan RAB

ANALISIS HIDROLOGI

Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS) dilakukan berdasar pada peta rupa bumi. DAS Sungai Citanduy yang berpengaruh terhadap perencanaan bendungan Manonjaya mempunyai luasan sebesar 590,422 km². Untuk penentuan luasan pengaruh stasiun hujan di DAS sungai Citanduy, digunakan tiga stasiun, yaitu Stasiun Hujan Ciamis, Stasiun Hujan Cisayong, dan Stasiun Hujan Pager Ageung, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Luas Pengaruh Stasiun Hujan di DAS Sungai Citanduy

Analisis Curah Hujan DAS dengan Metode *Thiessen*

Besarnya curah hujan maksimum harian rata-rata DAS yang dihitung dengan metode *Thiessen*, mempertimbangkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Metode *Thiessen* digunakan karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat.

Tabel 1. Luas Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS Sungai Citanduy

| No | Nama Stasiun | Luas DAS | C |
|------------|--------------|----------|-------|
| 1 | Ciamis | 51.367 | 0.087 |
| 2 | Cisayong | 230.790 | 0.391 |
| 3 | Pager Ageung | 308.265 | 0.522 |
| Luas total | | 590.422 | 1.000 |

Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Dari hasil perhitungan curah hujan harian rata-rata DAS dengan metode poligon *thiessen* di atas perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan bulanan maksimum guna menentukan debit banjir rencana.

1. Pengukuran Dispersi

Tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau kecil dari nilai rata-ratanya. Besarnya dispersi dilakukan dengan pengukuran dispersi, yakni melalui perhitungan parametrik statistik untuk $(X_i - X)$, $(X_i - X)^2$, $(X_i - X)^3$, $(X_i - X)^4$ terlebih dahulu.

Di mana : X_i = Besarnya curah hujan DAS (mm)

X_{rt} = Rata-rata curah hujan maksimum DAS (mm)

Perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter Logaritmik Curah Hujan

| No | Tahun | Ri | Log Ri | Log Rrt | (Log Ri - Log Rrt) | (Log Ri - Log Rrt) ² | (Log Ri - Log Rrt) ³ | (Log Ri - Log Rrt) ⁴ |
|----|-------|-----|--------|---------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 1996 | 62 | 1.792 | 1.840 | -0.04718 | 0.00223 | -0.00011 | 0.00000 |
| 2 | 1997 | 44 | 1.643 | 1.840 | -0.19612 | 0.03846 | -0.00754 | 0.00148 |
| 3 | 1998 | 55 | 1.740 | 1.840 | -0.09921 | 0.00984 | -0.00098 | 0.00010 |
| 4 | 1999 | 60 | 1.778 | 1.840 | -0.06142 | 0.00377 | -0.00023 | 0.00001 |
| 5 | 2000 | 49 | 1.690 | 1.840 | -0.14938 | 0.02231 | -0.00333 | 0.00050 |
| 6 | 2001 | 93 | 1.968 | 1.840 | 0.12891 | 0.01662 | 0.00214 | 0.00028 |
| 7 | 2002 | 112 | 2.049 | 1.840 | 0.20965 | 0.04395 | 0.00921 | 0.00193 |
| 8 | 2003 | 66 | 1.820 | 1.840 | -0.02003 | 0.00040 | -0.00001 | 0.00000 |
| 9 | 2004 | 87 | 1.940 | 1.840 | 0.09995 | 0.00999 | 0.00100 | 0.00010 |
| 10 | 2005 | 91 | 1.959 | 1.840 | 0.11947 | 0.01427 | 0.00171 | 0.00020 |
| 11 | 2006 | 60 | 1.778 | 1.840 | -0.06142 | 0.00377 | -0.00023 | 0.00001 |
| 12 | 2007 | 74 | 1.869 | 1.840 | 0.02966 | 0.00088 | 0.00003 | 0.00000 |
| 13 | 2008 | 59 | 1.771 | 1.840 | -0.06872 | 0.00472 | -0.00032 | 0.00002 |
| 14 | 2009 | 81 | 1.908 | 1.840 | 0.06891 | 0.00475 | 0.00033 | 0.00002 |

| | | | | | | | | |
|--------|------|----|-------|-------|---------|---------|---------|---------|
| 15 | 2010 | 77 | 1.886 | 1.840 | 0.04692 | 0.00220 | 0.00010 | 0.00000 |
| Jumlah | | | 27.59 | | | 0.17817 | 0.00176 | 0.00467 |

Dari perhitungan parameter logaritmik maka didapatkan nilai :

1. Standar Deviasi (Sd)

Perhitungan standar deviasi menggunakan persamaan (Soemarto, 1999).

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \log \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$Sd = 0,11$$

2. Koefisien Skewness (Cs)

Perhitungan koefisien skewness menggunakan persamaan 2.12 pada bab II (Soemarto, 1999).

$$Cs = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)sd^3}}$$

$$Cs = 0,10 \text{ (untuk perhitungan jenis sebaran log normal dan log pearson)}$$

3. Koefisien Kurtosis (Ck)

Perhitungan koefisien kurtosis menggunakan persamaan 2.17 pada bab II (Soemarto, 1999).

$$Ck = \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log(Xi - \log \bar{X})^4}{sd^4}}$$

$$Ck = 19,92 \text{ (untuk perhitungan jenis sebaran log normal dan log pearson)}$$

4. Koefisien Variasi (Cv)

Perhitungan koefisien variasi menggunakan persamaan 2.11 pada bab II (Soemarto, 1999).

$$Cv = \sqrt{\frac{Sd}{\bar{X}}}$$

$$Cv = 0,06 \text{ (untuk perhitungan jenis sebaran log normal)}$$

2. Pemilihan Jenis Sebaran

Penentuan jenis sebaran yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dan logaritmik dengan syarat masing-masing sebaran.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisis Frekuensi

| Rekapitulasi Hasil Analisa Frekuensi | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--|-------------|-----------------|
| No | Jenis Sebaran | Syarat | Perhitungan | Keterangan |
| 1 | Normal | $Cs \approx 0$ | $Cs = 0.60$ | Tidak Mendekati |
| | | $Ck \approx 3$ | $Ck = 2.22$ | |
| 2 | Gumbel Tipe I | $Cs = 1,14$ | $Cs = 0.60$ | Tidak Mendekati |
| | | $Ck = 5,40$ | $Ck = 2.22$ | |
| 3 | Log Normal | $Cs = 3Cv + Cv^3 = 0.21$ | $Cs = 0.10$ | Tidak Mendekati |
| | | $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 3.06$ | $Ck = 1.92$ | |
| 4 | Log Pearson III | $Cs \neq 0$ | $Cs = 0.10$ | Mendekati |
| | | $Ck \neq 0$ | $Ck = 1.92$ | |

Dari keempat metode yang digunakan diatas, ternyata pola sebaran *log pearson* yang mendekati persyaratan. Dari jenis sebaran yang telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokan sebarannya. Hasil uji kecocokan sebaran menunjukkan sebarannya dapat diterima atau tidak.

3. Perhitungan Debit Banjir Rencana

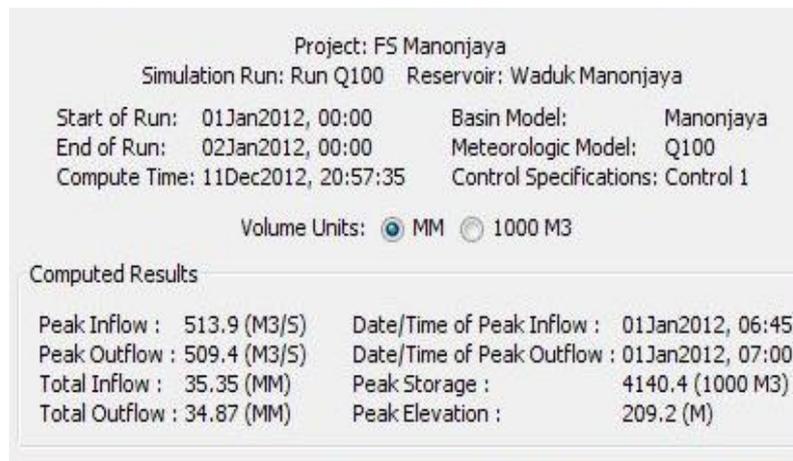
Untuk menghitung atau memperkirakan besarnya debit banjir yang akan terjadi dengan berbagai periode ulang dapat dilakukan menggunakan analisis data aliran dari sungai yang bersangkutan. Oleh karena data aliran yang bersangkutan tidak tersedia maka dalam perhitungan debit banjir akan digunakan beberapa metode sebagai berikut :

- 1) Metode *Haspers*
- 2) FSR Jawa Sumatra
- 3) *HEC-HMS*

4. Metode HEC HMS

Model *HEC-HMS* digunakan untuk memperkirakan besarnya *inflow outflow* hidrograf banjir rencana. Model *HEC-HMS* mengemas berbagai macam metode yang digunakan dalam analisis hidrologi. Dalam pengoperasiannya menggunakan operating sistem windows, sehingga model ini menjadi mudah dipelajari dan mudah untuk digunakan, tetapi tetap dilakukan dengan pendalaman dan pemahaman dengan model yang digunakan.

Di dalam model *HEC-HMS*, terdapat beberapa macam metode hidrograf sintetik, sedangkan untuk menyelesaikan analisis hidrologi DAS Manonjaya digunakan hidrograf satuan sintetik dari *SCS (Soil Conservation Service)* dengan menganalisis beberapa parameter, maka hidrograf tersebut dapat disesuaikan dengan kondisi pulau jawa dan DAS Manonjaya pada khususnya.



Gambar 2. Output Bendungan Manonjaya Periode 100 Tahunan

5. Kesimpulan Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Tabel 4. Perbandingan Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

| Periode Ulang | Debit Banjir Rencana (m ³ /dtk) | | |
|---------------|--|---------|---------|
| | FSR Jawa Sumatra | Haspers | HEC-HMS |
| 10 tahun | 197.15 | 214.24 | 271.40 |

| | | | |
|------------|--------|--------|--------|
| 50 tahun | 245.59 | 266.23 | 432.40 |
| 100 tahun | 289.52 | 288.03 | 513.90 |
| 200 tahun | 339.09 | 309.80 | 557.30 |
| 1000 tahun | 486.67 | 361.21 | 794.40 |

Dari tabel di atas dapat diketahui hasil perhitungan debit dengan tiga metode yang berbeda. Berdasarkan hasil perhitungan dan pertimbangan keamanan dan efisiensi serta ketidakpastian besarnya debit banjir yang terjadi di daerah tersebut, maka antara metode yang ada dipakai debit maksimum periode ulang 100 tahun, sehingga debit rencana yang digunakan adalah debit rencana dengan model *HEC-HMS* sebesar 513.19 m³/dtk .

Analisis Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Untuk Tanaman

Yaitu banyaknya air yang dibutuhkan tanaman untuk membuat jaring tanaman (batang dan daun) dan untuk diuapkan (evapotranspirasi), perkolasi, curah hujan, pengolahan lahan, dan pertumbuhan tanaman. Rumus seperti persamaan berikut ini :

$$I_r = E_t + P - R_e + S$$

2. Kebutuhan Air Untuk Irigasi

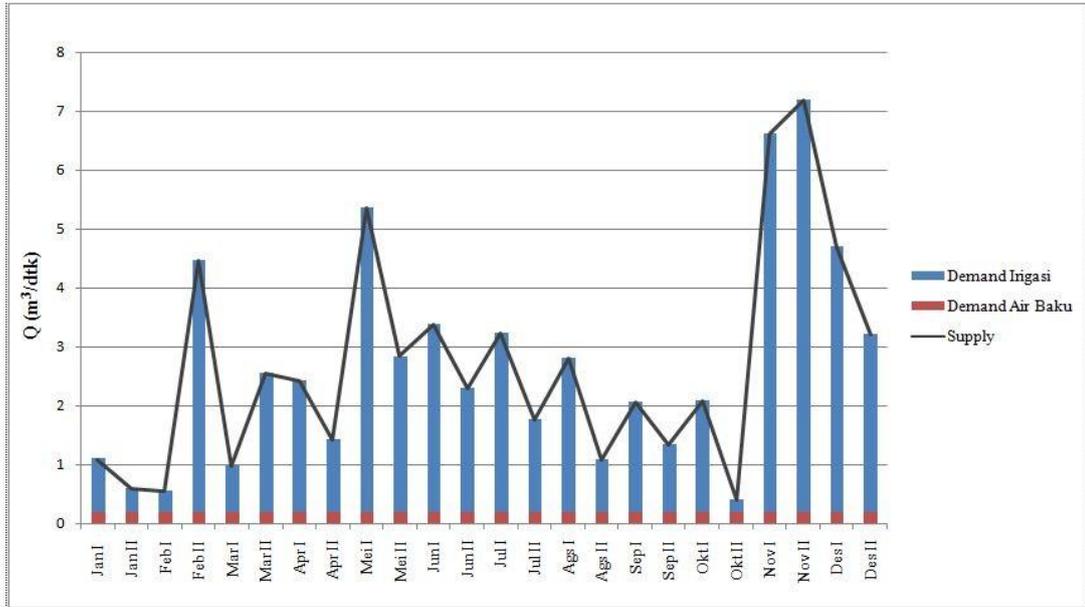
Yaitu kebutuhan air yang digunakan untuk menentukan pola tanaman untuk menentukan tingkat efisiensi saluran irigasi sehingga didapat kebutuhan air untuk masing-masing jaringan (Ditjen Pengairan, 1985). Perhitungan kebutuhan air irigasi ini dimaksudkan untuk menentukan besarnya debit yang akan dipakai untuk mengairi daerah irigasi.

3. Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air baku meliputi kebutuhan air domestik, non domestik dan industri. Kebutuhan air ini sangat dipengaruhi oleh jumlah dan kategori daerah, untuk penduduk desa kebutuhan air baku akan lebih kecil dibanding dengan kebutuhan air baku penduduk kota. Demikian juga untuk kota kecil kebutuhan air baku akan lebih kecil dibanding dengan kebutuhan air baku penduduk kota besar.

4. Analisis Neraca Air dengan Model *RIBASIM*

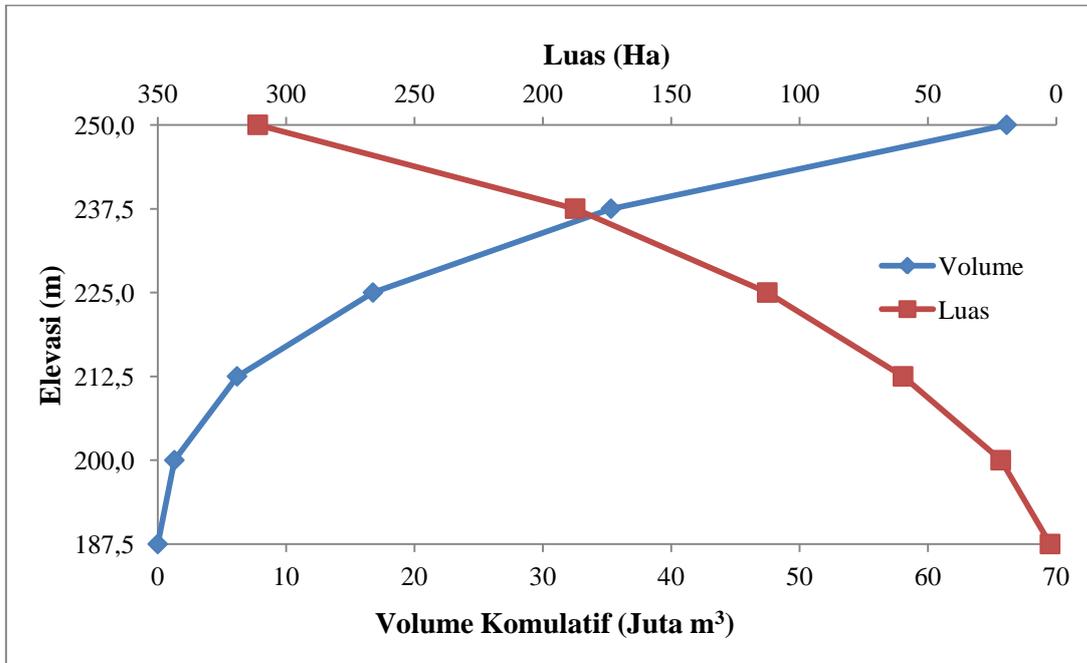
Perhitungan neraca air menggunakan teknik neraca air yang ada pada model *RIBASIM* yang bertujuan membentuk hubungan antara data hidrologi, prasarana, dan kebutuhan air. Model simulasi *RIBASIM* menggunakan "*Grafical User Interface*" untuk menyusun skematisasi sistem tata air dengan pemasukan data. Inti dari model simulasi adalah menyeimbangkan keadaan permintaan-persediaan air yang menggunakan rentetan waktu data hidrologi. Prasarana sumber daya air yang ada saat ini dan potensi pengembangannya di masa datang pada model *RIBASIM* digambarkan sebagai suatu jejaring. Sistem jejaring ini dapat menggambarkan interaksi dan distribusi air yang ada di dalam wilayah sungai.



Gambar 3. Neraca Air Total Sesudah ada Bendungan

5. Volume Tampungannya Bendungan

Perhitungan ini didasarkan pada data peta topografi dengan kontur per 12.5 m. Cari luas permukaan bendungan yang dibatasi garis kontur, kemudian dicari volume yang dibatasi oleh 2 garis kontur yang berurutan. Dari perhitungan tersebut di atas, kemudian dibuat grafik hubungan antara elevasi dengan luas genangan dan hubungan elevasi dengan volume genangan (Gambar 4.).



Gambar 4. Grafik Hubungan Elevasi dengan Luas dan Volume Genangan

6. Elevasi Muka Air Bendungan

Dalam perencanaan bendungan Manonjaya digunakan 3 kondisi muka air, yaitu ;

1) Elevasi Muka Air Banjir (MAB)

Elevasi muka air banjir di dapatkan berdasarkan hasil simulasi banjir program *HEC-HMS* periode ulang 100 tahun, yaitu sebesar 209.2 m

2) Elevasi Muka Air Normal (MAN)

Elevasi muka air normal didapatkan berdasarkan volume tampungan total bendungan yang di plotkan pada tabel hubungan elevasi dengan luas genangan dan volume tampungan bendungan.

Contoh perhitungan elevasi muka air normal bendungan.

Diketahui :

Batas atas (elevasi 200 dengan volume tampungan kumulatif sebesar $1,297,274.34 \text{ m}^3$).

Batas bawah (elevasi 212.5 dengan volume tampungan kumulatif sebesar $6,178,863.83 \text{ m}^3$).

Volume tampungan total bendungan = $4,009,817.54 \text{ m}^3$

$$\text{Elevasi muka air} = 200 + \left(\frac{(4,009,817.54 - 1,297,274.34)}{(6,178,863.83 - 1,297,274.34)} \right) \times (212.5 - 200)$$

$$= 205.49 \text{ m} \approx 206 \text{ m}$$

3) Elevasi *Dead Storage*

Elevasi *dead storage* didapatkan berdasarkan volume *dead storage* yang di plotkan pada tabel hubungan elevasi dengan luas genangan dan volume tampungan bendungan.

Contoh perhitungan elevasi *dead storage* bendungan.

Diketahui :

Batas atas (elevasi 187.5 dengan volume tampungan kumulatif sebesar 0 m^3).

Batas bawah (elevasi 200 dengan volume tampungan kumulatif sebesar $1,297,274.34 \text{ m}^3$).

Volume *dead storage* = $928,851.22 \text{ m}^3$

$$\text{Elevasi muka air} = 200 + \left(\frac{(928,851.22 - 0)}{(1,297,274.34 - 0)} \right) \times (200 - 187.5)$$

$$= 196.46 \text{ m} \approx 196 \text{ m}$$

PERENCANAAN KONSTRUKSI

Dimensi Bendungan

1. Tinggi Jagaan (*Freeboard*)

Tinggi Jagaan adalah jarak bebas antara mercu bendungan dengan permukaan air maksimum rencana. Tinggi Jagaan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$H_f \geq \Delta h + h_w + h_a + h_i$$

$$H_f \geq h_w + \frac{h_e}{2} + h_a + h_i$$

Berdasarkan hasil perhitungan, Tinggi Jagaan Bendungan Manonjaya diambil sebesar 2.0 m.

2. Elevasi Mercu Bendungan

Elevasi muka air di atas pelimpah (*spillway*) adalah +209.2 m dan Tinggi Jagaan sebesar 2.0 m, maka elevasi puncak Bendungan Manonjaya adalah +209.2 m + 2.0 m = +211.2 m (diambil sebesar +211 m).

3. Lebar Mercu Bendungan

Lebar mercu bendungan minimum diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$B = 3.6 (H)^{1/3} - 3.0$$

Di mana :

B = lebar mercu bendungan (m)

H = tinggi bendungan (m)

$$\text{Tinggi (H)} = +211\text{m} - +187.5\text{ m} = 23.5\text{ m}$$

$$\text{Lebar (B)} = 3.6 (23.5)^{1/3} - 3.0 = 7.312\text{ m (diambil 8 m)}$$

4. Kemiringan Lereng Urugan

Kemiringan lereng urugan harus ditentukan sedemikian rupa agar stabil terhadap longsoran. Hal ini sangat tergantung pada jenis material urugan yang hendak dipakai. Tubuh bendungan direncanakan menggunakan urugan homogen. Kemiringan lereng (vertikal : horizontal) tubuh Bendungan Manonjaya diambil sebesar 1:3 untuk bagian hulu dan 1: 2.25 untuk bagian hilir.

5. Cofferdam dan Saluran Pengelak

Cofferdam dan saluran pengelak berfungsi sebagai penyalur debit sungai selama konstruksi ini dilakukan, sehingga dasar perencanaan debit yang masuk ke saluran pengelak adalah periode ulang 10 hingga 20 tahun. Dalam analisis ini debit banjir rencana diambil periode ulang 10 tahun dan dimodelkan dengan *HEC-HMS*.

Analisis Stabilitas Bendungan

1. Stabilitas Bendungan Terhadap Aliran Filtrasi

Stabilitas lereng bendungan terhadap rembesan ditinjau dengan cara sebagai berikut:

- 1) Formasi Garis Depresi Tubuh Bendungan Dengan Kondisi Tanpa Drainase Kaki
 - 2) Formasi Garis Depresi Tubuh Bendungan dengan Drainase Kaki
 - 3) Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi (*Seepage Flow-net*)
 - 4) Tinjauan Gejala Sufosi (*Piping*) dan Sembulan (*Boiling*)
-

2. Stabilitas Bendungan Terhadap Longsor

Stabilitas lereng bendungan ditinjau dalam tiga keadaan yaitu, pada saat bendungan baru selesai dibangun dan sebelum dialiri air, pada saat air bendungan mencapai elevasi penuh, dan pada saat air bendungan mengalami penurunan mendadak.

Tabel 5. Rekapitulasi Stabilitas Terhadap Longsor

| Kondisi | Angka Keamanan | | Syarat | Keterangan | |
|------------------------------|----------------|--------|--------|------------|-------|
| | Hulu | Hilir | | Hulu | Hilir |
| Baru Selesai Dibangun | 3.9542 | 3.5944 | 1.2 | Aman | Aman |
| Mencapai Elevasi Penuh | 2.9096 | 2.5276 | 1.2 | Aman | Aman |
| Mengalami Penurunan Mendadak | 3.1892 | | 1.2 | Aman | |

3. Perhitungan Stabilitas Lereng dengan *Geo-Slope*

Analisis stabilitas lereng dari tubuh bendungan dapat dihitung menggunakan *software Geo-Slope*. Dalam menganalisis keamanan dari tubuh bendungan pada *software* ini digunakan analisis *slope/w*. Dengan analisis ini dapat diketahui angka keamanan (*safety factor*) dan bentuk bidang luncur dari lereng tersebut. Hasil dari analisis ini merupakan parameter kestabilan dari lereng tersebut. Berikut adalah langkah-langkah analisis stabilitas dengan model *Geo-Slope* :

Tabel 6. Rekapitulasi Stabilitas Bendungan terhadap Longsor dengan *model Geo-Slope*

| Kondisi | Angka Keamanan | | Syarat | Keterangan | |
|------------------------------|----------------|-------|--------|------------|-------|
| | Hulu | Hilir | | Hulu | Hilir |
| Baru Selesai Dibangun | 3.338 | 2.741 | 1.2 | Aman | Aman |
| Mencapai Elevasi Penuh | 5.358 | 2.569 | 1.2 | Aman | Aman |
| Mengalami Penurunan Mendadak | 4.273 | | 1.2 | Aman | |

Perencanaan Bangunan Pelimpah (*Spillway*)

Bangunan pelimpah atau *spillway* adalah bangunan yang berfungsi untuk mengalirkan air banjir yang masuk ke dalam bendungan, sehingga air banjir tersebut tidak merusak tubuh bendungan. Dalam perencanaan bendungan Manonjaya bangunan pelimpah yang akan direncanakan adalah bangunan pelimpah terbuka dengan ambang tetap. Data teknis perencanaan dimensi *spillway* untuk bendungan Manonjaya berdasarkan *flood routing HEC-HMS* 100 tahun, adalah sebagai berikut :

| Project: FS Manonjaya | |
|---|--|
| Simulation Run: Run Q100 Reservoir: Waduk Manonjaya | |
| Start of Run: 01Jan2012, 00:00 | Basin Model: Manonjaya |
| End of Run: 02Jan2012, 00:00 | Meteorologic Model: Q100 |
| Compute Time: 11Dec2012, 20:57:35 | Control Specifications: Control 1 |
| Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3 | |
| Computed Results | |
| Peak Inflow : 513.9 (M3/S) | Date/Time of Peak Inflow : 01Jan2012, 06:45 |
| Peak Outflow : 509.4 (M3/S) | Date/Time of Peak Outflow : 01Jan2012, 07:00 |
| Total Inflow : 35.35 (MM) | Peak Storage : 4140.4 (1000 M3) |
| Total Outflow : 34.87 (MM) | Peak Elevation : 209.2 (M) |

Gambar 5. Flood Routing Bendungan Manonjaya Periode 100 Tahunan

1. Saluran Pengarah Aliran

Saluran pengarah aliran dimaksudkan agar aliran air senantiasa dalam kondisi hidrolika yang baik dengan cara mengatur kecepatan aliran agar tidak melebihi 4 m/s. Apabila kecepatan aliran melebihi 4 m/s, maka aliran akan bersifat *helisoidal* yang dapat mengakibatkan peningkatan beban hidrodinamis pada bangunan pelimpah.

2. Saluran Pengatur Aliran (Mercu Pelimpah)

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung penampang lintang bendungan dengan metode *Civil Engineering Department U.S. Army* terdiri dari dua bagian, yaitu bagian hulu dan bagian hilir.

- 1) Penampang lintang sebelah hulu

Diketahui $H_d = 2.87$ m

$$r_1 = 0.5 \times H_d \quad r_2 = 0.2 \times H_d$$

$$a = 0.175 \times H_d \quad b = 0.282 \times H_d$$

- 2) Penampang lintang sebelah hilir

Penampang lintang sebelah hilir dari titik tertinggi mercu pelimpah diperoleh dengan persamaan lengkung *Harold*.

Diketahui $H_d = 2.87$ m

$$X^{1.85} = 2 \times H_d^{0.85} \times Y$$

$$Y = \frac{X^{1.85}}{2 \times H_d^{0.85}}$$

H_d = tinggi tekanan rencana (m)

X = jarak horisontal dari titik tertinggi mercu bendungan ke titik di permukaan bendungan di sebelah hilirnya (m)

Y = jarak vertikal dari titik tertinggi mercu bendungan ke titik permukaan bendungan sebelah hilirnya (m)

3. Saluran Peluncur

Saluran peluncur adalah saluran pembawa aliran sampai ke peredam energi (kolam olak). Saluran ini berfungsi mengatur aliran agar aliran yang melewati saluran ini dapat mengalir dengan lancar tanpa hambatan hidrolis. Perencanaan saluran peluncur 80 m tahap pertama dengan kemiringan = 0,05 dengan lebar saluran 30 m, kemudian tahap kedua dengan kemiringan = 0,15 dengan lebar saluran sama = 30 m.

4. Bangunan Peredam Energi

Bangunan peredam energi digunakan untuk menghilangkan atau setidaknya mengurangi energi air yang melimpah dengan energi yang tinggi dari bangunan pelimpah agar tidak merusak bangunan atau instalasi lain di sebelah hilir bangunan pelimpah. Suatu bangunan peredam energi yang berbentuk kolam, dimana prinsip peredam energinya yang sebagian besar terjadi akibat proses pergesekan di antara molekul-molekul air, sehingga timbul olakan-olakan di dalam kolam tersebut dinamakan peredam energi tipe kolam olak.

Analisis Stabilitas Bangunan Pelimpah (*Spillway*)

Stabilitas ditinjau pada kondisi muka air normal dan banjir. Gaya-gaya yang bekerja pada *spillway* adalah :

- 1) Gaya Akibat Berat Sendiri (G)
- 2) Gaya Akibat Beban Gempa (K)
- 3) Gaya Akibat *Uplift Pressure* (U)
- 4) Gaya Hidrostatik (W)
- 5) Gaya Akibat Tekanan Tanah (P)

Sedangkan untuk stabilitas dianalisis terhadap :

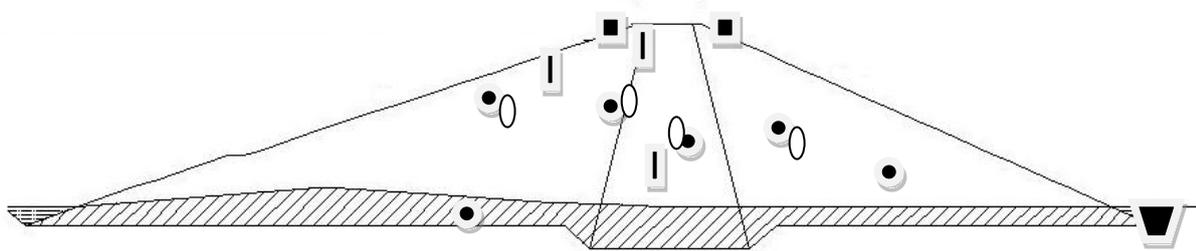
- 1) Guling
 - 2) Geser
 - 3) Daya Dukung Tanah
-

Perencanaan Bangunan Penyadap

Bangunan penyadap dalam perencanaan ini dipakai tipe penyadap menara, hasil sadapan kemudian dialirkan ke hilir sungai melalui bangunan pengambilan untuk dimanfaatkan sebagai air baku dan kebutuhan irigasi. Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan bangunan penyadap dan bagian-bagian lainnya tidak memperhitungkan perhitungan-perhitungan strukturnya.

Perencanaan Instrumentasi Bendungan

Pengamatan bendungan secara berkala serta pencatatan mengenai perilaku bendungan adalah suatu hal yang perlu dilakukan agar bendungan dapat beroperasi secara efisien dan aman. Data hasil pemantauan dapat menggambarkan perilaku suatu bendungan, sehingga gejala-gejala yang akan terjadi dapat diketahui secara dini.



Gambar 6. Pemasangan Instrumentasi Bendungan

Keterangan gambar :

- : Piezometer
- ┃ : Inclinometer
- ▼ : V notch
- : Surface Monuments
- : Settlement Plate

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Tabel 7.. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

| NO | URAIAN PEKERJAAN | HARGA |
|----------|--------------------------------|-----------------------|
| I | PEKERJAAN PERSIAPAN | Rp 594,146,744.58 |
| II | PEKERJAAN BANGUNAN PENGELAK | Rp 5,756,494,668.79 |
| III | PEKERJAAN KONSTRUKSI BENDUNGAN | Rp 64,873,712,364.57 |
| IV | PEKERJAAN BANGUNAN PELIMPAH | Rp 67,982,138,105.85 |
| V | PEKERJAAN BANGUNAN PENYADAP | Rp 1,291,889,521.73 |
| VI | PEKERJAAN LAIN-LAIN | Rp 123,953,837.04 |
| TOTAL | | Rp 140,622,335,242.56 |
| PPN 10 % | | Rp 14,062,233,524.26 |

| | | | |
|------------------|---|----|--------------------|
| TOTAL + PPN 10 % | | Rp | 154,684,568,766.82 |
| DIBULATKAN | | Rp | 154,684,568,800.00 |
| TERBILANG | SERATUS LIMA PULUH EMPAT MILYAR ENAM RATUS DELAPAN PULUH EMPAT JUTA LIMA RATUS ENAM PULUH DELAPAN RIBU DELAPAN RATUS RUPIAH | | |

KESIMPULAN

Hal-hal yang dapat disimpulkan dari Perencanaan Bendungan Manonjaya Tasikmalaya adalah :

1. Dari data dan gambar luas DAS sungai Citanduy diperoleh luas DAS seluas 590,422 km².
2. Distribusi curah hujan dihitung dengan metode distribusi Normal, *Log Normal*, *Log Pearson Type III* dan metode *Gumbel* di mana hasil yang mendekati yaitu dengan metode *Log Pearson Type III*, sedangkan untuk pengujian kecocokan distribusi dengan menggunakan metode *Chi Kuadrat* dan metode *Smirnov-Kolmogorov*.
3. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan beberapa metode, yaitu FSR Jawa-Sumatera, metode *Haspers* dan metode *HEC-HMS*. Debit rencana yang digunakan adalah hasil perhitungan dengan menggunakan metode *HEC-HMS* yaitu debit banjir Q_{100} sebesar 513.9 m³/dt
4. Elevasi mercu bendung + 211.0 m dan elevasi *crest spillway* + 206.0 m direncanakan dengan lebar 30 m.
5. Pemilihan tipe kolam olak berdasarkan pada besar nilai bilangan *Froude*, dan sedimen yang mungkin terbawa arus aliran. Kolam olak yang digunakan adalah kolam olak *USBR type III*. Tebal kolam olak diperhitungan terhadap gaya *uplift* pada dua kondisi yaitu saat muka air normal (*MAN*) dan saat muka air banjir (*MAB*) .
6. Dari perhitungan stabilitas bendungan, desain bendungan aman terhadap bahaya guling, geser, *pipping* dan daya dukung tanah.
7. Estimasi dari perhitungan pelaksanaan proyek bendungan Manonjaya yaitu 33 minggu dengan rencana anggaran biaya sebesar Rp 154.747.268.800,00.

DAFTAR PUSTAKA

-, DPU, Dirjen Pengairan. *Buku Petunjuk Perencanaan Irigasi*. Penerbit CV. Galang Persada, Bandung, 1986.
-, DPU, Dirjen Pengairan. KP-02. Penerbit CV. Galang Persada, Bandung, 1986.
-, DPU, Dirjen Pengairan. KP-03. Penerbit CV. Galang Persada, Bandung, 1986.
-, DPU, Dirjen Pengairan. KP-04. Penerbit CV. Galang Persada, Bandung, 1986.
-, DPU, Dirjen Pengairan. PSA-10. Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1985.
- Honing., *Konstruksi Bangunan Air*, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta, 2003.

Kodoatie Robert., Sugiyanto., Banjir. Penerbit Andi, Yogyakarta, 2000.

Montarchi, Lily., *Penelusuran Banjir melalui Pelimpah dan Terowongan*.

Soedibyo., *Teknik Bendungan*. Penerbit Pradnya Paramitha, Jakarta, 1993.

Sosrodarsono, Suyono, D., Takeda, Kensaku, *Hidrologi untuk Pengairan*. Penerbit Pradnya Paramitha, Jakarta, 2003.

Sosrodarsono, Suyono, D., Takeda, Kensaku, *Bendungan Type Urugan*. Penerbit Pradnya Paramitha, Jakarta, 2003.

Subarkah, Imam., *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Penerbit Idea Dharma, Bandung, 1980.

Triatmojo, Bambang., *Hidraulika II*. Penerbit Beta Offset, Yogyakarta, 1996.
