

PERENCANAAN BENDUNG CIKAWUNG PADA DAERAH NON-CEKUNGAN AIR TANAH DI KABUPATEN CILACAP, JAWA TENGAH

Etika Herdiarti, Shalli Malia Nisa
Robert J. Kodoatie, Hari Nugroho^{*)}

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

ABSTRAK

Bendung Cikawung terletak di Kecamatan Cipari, Kabupaten Cilacap. Bendung Cikawung dibangun di atas Sungai Cikawung dengan luas DAS 121,12 km². Untuk memenuhi kebutuhan irigasi di daerah sekitar sungai seluas 1.020,24 ha, maka diperlukan debit andalan yang cukup. Debit andalan dihitung dengan memodifikasi metode F.J Mock. Lokasi Bendung Cikawung berada pada daerah *non* - cekungan air tanah seluas 98,90 km² (81,65 %) dan sebagian yang lain berada pada daerah cekungan air tanah seluas 22,22 km² (18,35 %). Kedua daerah tersebut memiliki karakteristik yang berbeda dalam menghasilkan debit andalan.. Di dalam tanah pada daerah *non* - cekungan air tanah, air mengalir hanya pada lapisan *soil water zone*, sedangkan pada daerah cekungan air tanah air mampu mengalir hingga lapisan *ground water zone*. Ketersediaan air sungai yang terdapat pada daerah *non* - cekungan air tanah lebih sedikit daripada daerah cekungan air tanah.

Bendung Cikawung didesain dengan debit banjir rencana periode ulang 50 tahun sebesar 425,29 m³/detik dan debit pengambilan sebesar 1,92 m³/detik. Tubuh bendung direncanakan dengan spesifikasi mercu bulat setinggi 5,5 m, kolam olak USBR tipe III dan dilengkapi dengan kantong lumpur, saluran pembilas kantong lumpur, pintu pembilas, pintu pengambilan serta dinding penahan tanah. Pembangunan Bendung Cikawung membutuhkan biaya sekitar Rp. 6.911.600.000,00 dan waktu rencana pelaksanaan 28 minggu.

Kata kunci : bendung, irigasi, debit andalan, non-cekungan air tanah, debit andalan, modifikasi metode Mock, debit banjir rencana.

ABSTRACT

Cikawung weir located at Cipari District in Cilacap Regency. Cikawung weir built on the Cikawung river with the catchment area is 121,12 km². To satisfy irrigation needs in the area around the river of 1020.24 ha, it is necessary to discharge a sufficient pledge. Mainstay discharge calculated by modifying the method FJ Mock. Location Cikawung weir is at a non-groundwater basin covering an area of 98,90 km² (81,65%) and others are in the area groundwater basin area of 22,22 km² (18,35%). Both of these regions have different characteristics in generating mainstay discharge. In the ground, at the non-groundwater basin, water flows only in the layer of soil water zone, while in the area groundwater basin water is able to flow to groundwater zone layer. Availability of river water contained on the non - groundwater basin less than groundwater basin area.

Cikawung weir flood discharge plan designed by 50-year return period of 425,29 m³ and 1,92 m³ for discharge decision. Cikawung weir is design with specification rounded type of crest

with height of 5,5 m, USBR type III of stilling basin, equipped with sand trap, flushing way of sand trap, flushing gate, intake gate, and retaining wall. Cikawung weir construction cost about Rp. 6.911.600.000,00 and a plan of 28 weeks.

Keyword : weir, irrigation, non-groundwater basin, mainstay discharge, Mock modification method, flood discharge.

PENDAHULUAN

Jawa Tengah merupakan sebuah provinsi yang terletak di bagian tengah Pulau Jawa. Luas wilayahnya 32.548 km², atau sekitar 25,04% dari luas Pulau Jawa. Salah satu wilayah terluas di Jawa Tengah adalah Kabupaten Cilacap. Luas wilayahnya sekitar 6,6% dari total wilayah Jawa Tengah. Topografi wilayah Kabupaten Cilacap meliputi daerah rawa-rawa hingga daerah perbukitan di daerah Cilacap Utara (www.wikipedia.org). Dengan keadaan alam yang demikian, mata pencaharian masyarakat mayoritas adalah petani, pedagang, dan nelayan. Cilacap merupakan salah satu daerah rawan kekeringan di Jawa Tengah pada saat musim kemarau. Ketersediaan air dipengaruhi oleh beberapa daerah aliran sungai/DAS yang memiliki peran penting dalam penyediaan sumber air. Namun keberadaan DAS tersebut sebagian juga telah mengalami kerusakan sehingga mengakibatkan menurunnya nilai kemanfaatan air. Secara keseluruhan kebutuhan air di Kabupaten Cilacap mencapai 117,7 juta meter kubik. Untuk itu diperlukan adanya pengelolaan sumberdaya air yang semakin baik dari waktu ke waktu sehingga kebutuhan akan sumber daya air untuk mendukung sektor pertanian benar-benar dapat meningkatkan produktifitas petani (*BPS Kab. Cilacap, 2011*).

Salah satu daerah yang kurang terdukung sumberdaya airnya di Kabupaten Cilacap adalah Kecamatan Cipari yang memiliki sawah seluas 2.150 ha. Sebagian besar sawah di Kecamatan Cipari merupakan sawah tadah hujan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan pembuatan bendung.

Di Desa Caruy, Kecamatan Cipari, Kabupaten Cilacap terdapat lahan potensial seluas 1.155 ha yang dapat dikembangkan untuk lahan irigasi teknis. Dalam bercocok tanam padi, para petani memanfaatkan pengairannya dengan mengandalkan air hujan. Saat musim kemarau mengambil air dari Sungai Cikawung dengan pompa dan dari beberapa mata air yaitu mata air Pondok Banda, mata air Cibulu, dan mata air Aroma (*Dinas PSDA Jateng, 2011*).

Bertitiktolak pada latar belakang tersebut, tugas akhir ini bertujuan untuk merencanakan suatu konstruksi bangunan air berupa bendung pada salah satu titik di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikawung, Kabupaten Cilacap, Propinsi Jawa Tengah. Pembuatan bendung ini adalah upaya untuk menaikkan elevasi muka air pada Sungai Cikawung sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengairi areal pertanian dengan harapan dalam satu tahun bisa bercocok tanam tiga kali musim tanam.

ANALISIS HIDROLOGI

Analisis hidrologi adalah bentuk analisa dan perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi yang ada pada daerah tertentu, perhitungan digunakan untuk memperkirakan curah hujan, debit air banjir, kebutuhan air dan ketersediaan yang akan digunakan sebagai dasar analisis selanjutnya. Adapun langkah - langkah dalam perhitungan hidrologi adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasnya.

2. Menentukan luas pengaruh daerah stasiun-stasiun penakar hujan sungai.
3. Menentukan curah hujan maksimum tiap tahunnya dari data curah hujan yang ada.
4. Menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun.
5. Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan rencana di atas pada periode ulang T tahun.
6. Menghitung debit andalan yang merupakan debit minimum sungai yang dapat digunakan untuk keperluan irigasi.
7. Menghitung kebutuhan air di sawah yang dibutuhkan untuk tanaman.
8. Menghitung neraca air yang merupakan perbandingan antara debit air yang dibutuhkan untuk keperluan irigasi.

Dalam analisis curah hujan rata – rata digunakan metode *Thiessen* karena kondisi topografi dan jumlah stasiun yang memenuhi syarat digunakannya metode *Polygon Thiessen*. Ada tiga stasiun hujan yang berpengaruh dalam perhitungan yaitu Stasiun Cimanggu, Stasiun Karang Pucung, dan Stasiun Cipari. Langkah-langkah menghitung curah hujan rencana adalah sebagai berikut:

1. Menentukan curah hujan harian maksimum dari kedua stasiun,
2. Menghitung parameter-parameter statistik.
3. Menentukan distribusi sebaran yang akan dipakai.
4. Menguji kecocokan distribusi sebaran yang dipakai dengan metode *Chi Kuadrat* dan *Smirnov-Kolmogorof*.

Parameter-parameter statistik yang dihitung digunakan untuk menentukan distribusi sebaran.

Beberapa distribusi sebaran yang biasa digunakan antara lain:

1. Distribusi sebaran Normal
2. Distribusi sebaran Log Normal
3. Distribusi sebaran Log Pearson Tipe III
4. Distribusi sebaran Gumbel

Berdasarkan analisis distribusi data hujan menggunakan distribusi sebaran Log Pearson Tipe III

Tabel 1 Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson III

No	Periode	Peluang	S Log X	Log X	Cs	k	Log X _r	X (mm)
1	2	50	0,11	1,96	0,02	0,00	1,96	91
2	5	20	0,11	1,96	0,02	0,84	2,05	113
3	10	10	0,11	1,96	0,02	1,28	2,10	126
4	25	4	0,11	1,96	0,02	1,76	2,15	142
5	50	2	0,11	1,96	0,02	2,06	2,19	154
6	100	1	0,11	1,96	0,02	2,34	2,22	165

Perhitungan debit rencana menggunakan beberapa metode, antara lain Rasional, *Melchior*, *Haspers*, FSR Jawa Sumatera, dan *Passing Capacity*. Hasil perhitungan debit rencana dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2 Rekapitulasi Debit Banjir Rencana (Qt)

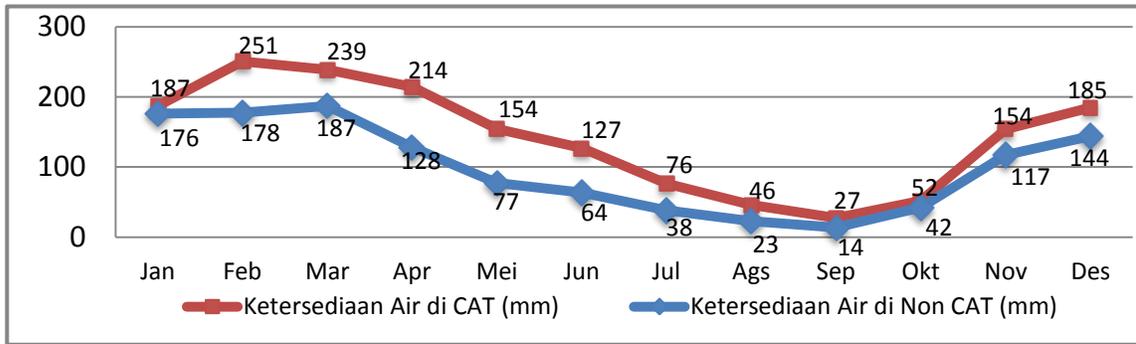
No	Periode Ulang	Rasional	Melchior	Haspers	FSR Jawa Sumatera	Passing Capacity
1	2	251.03	118,49	140,55	50.55	430,66
2	5	311.35	155,08	174,32	109.55	
3	10	348.59	178,59	195,17	175.99	
4	25	393.32	207,67	220,21	284.91	
5	50	425.29	228,97	238,11	467.81	
6	100	456.28	250,16	255,46	605.68	

Dari hasil perhitungan debit di atas dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan hasil perhitungan antara metode Rasional, Melchior, FSR Jawa Sumatera, Haspers, dan *Passing Capacity*. Oleh karena itu berdasarkan pertimbangan dari segi keamanan dan ketidakpastian besarnya debit banjir yang pernah terjadi pada daerah tersebut maka ditetapkan bahwa debit banjir rencana yang digunakan adalah debit banjir periode ulang 50 tahun yang diambil dari perhitungan metode Rasional yaitu sebesar 425,29 m³/dt.

Perhitungan debit andalan bertujuan untuk menentukan areal persawahan yang dapat diairi. Perhitungan ini menggunakan cara analisis *water balance* dari Dr.F.J. Mock berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran. Lokasi Bendung Cikawung berada pada daerah non- cekungan air tanah seluas 98,90 km² (81,65 %) dan sebagian yang lain berada pada daerah cekungan air tanah seluas 22,22 km² (18,35 %). Kedua daerah tersebut memiliki karekteristik yang berbeda dalam menghasilkan debit andalan.. Di dalam tanah pada daerah *non* - cekungan air tanah, air mengalir hanya pada lapisan *soil water zone*, sedangkan pada daerah cekungan air tanah air mampu mengalir hingga lapisan *ground water zone*. Ketersediaan air sungai yang terdapat pada daerah *non* - cekungan air tanah lebih sedikit daripada daerah cekungan air tanah.

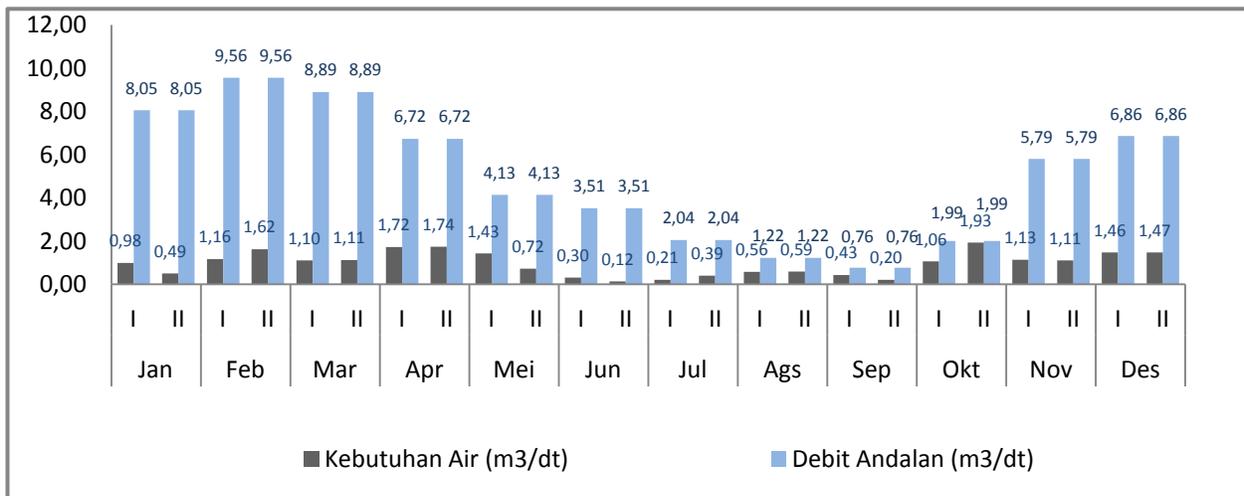
Tabel 3 Modifikasi Metode Mock

DAERAH CAT	DAERAH NON-CAT
<p>Actual Evapotranspiration $\Delta E / E_{to} = (m / 20) \times (18 - n)$ $\Delta E = (m / 20) \times (18 - n) \times E_{to}$ $E_{ta} = E_{to} - \Delta E$</p> <p>Water Surplus $SMS = ISMS + (P - E_{ta})$ $WS = (P - E_{ta}) + SS$</p> <p>Soilwater Storage Infiltrasi (I) = WS x if $V(n) = k.V(n-1) + 0,5.(1 + k). I(n)$ $\Delta Vn = V(n) - V(n-1)$ $Interflow = I - \Delta V(n)$</p> <p>Ground Water Storage Perkolasi (P) = WS x if $V(n) = k.V(n-1) + 0,5.(1 + k). I(n)$ $\Delta Vn = V(n) - V(n-1)$ $Baseflow = I - \Delta V(n)$</p> <p>Water Available $DRO = WS - I$ $WA = Interflow + Baseflow + DRO$</p>	<p>Actual Evapotranspiration $\Delta E / E_{to} = (m / 20) \times (18 - n)$ $\Delta E = (m / 20) \times (18 - n) \times E_{to}$ $E_{ta} = E_{to} - \Delta E$</p> <p>Water Surplus $SMS = ISMS + (P - E_{ta})$ $WS = (P - E_{ta}) + SS$</p> <p>Soilwater Storage Infiltrasi (I) = WS x if $V(n) = k.V(n-1) + 0,5.(1 + k). I(n)$ $\Delta Vn = V(n) - V(n-1)$ $Interflow = I - \Delta V(n)$</p> <p>Water Available $DRO = WS - I$ $WA = Interflow + DRO$</p>



Gambar 1 Grafik Perbandingan Ketersediaan Air di Daerah Non - CAT dan CAT

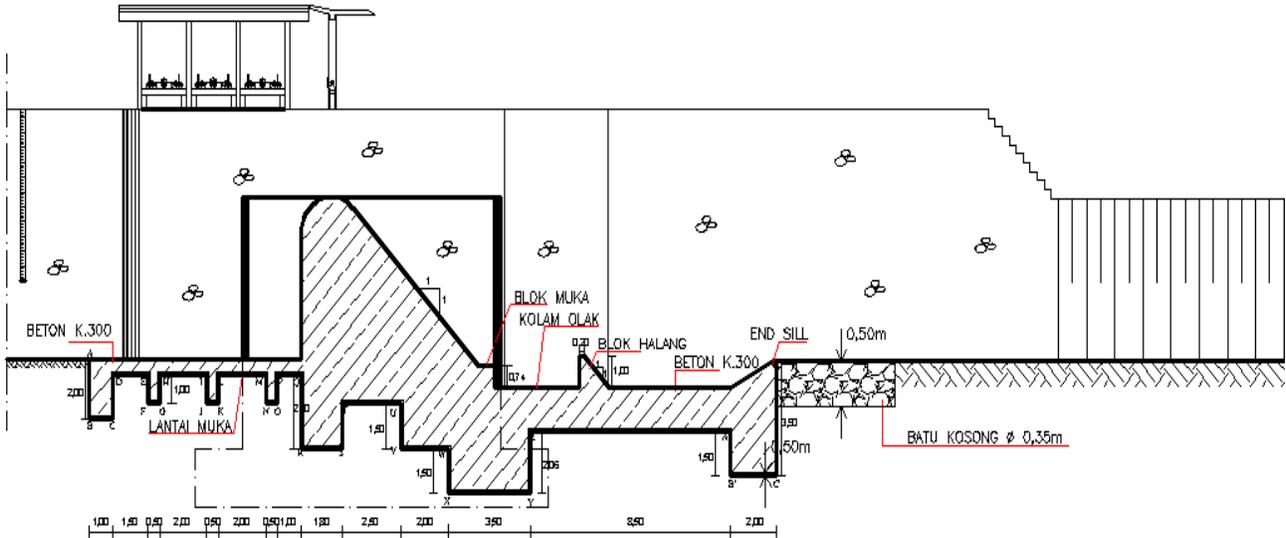
Diagram neraca air memperlihatkan debit kebutuhan dan debit yang tersedia di sungai, sehingga dapat dilihat besarnya nilai kekurangan air dan kelebihan air yang terjadi. Besar kebutuhan air dan debit andalan adalah sebagai berikut:



Gambar 2 Neraca Air

ANALISIS HIDROLIS DAN STRUKTUR BENDUNG

Analisis hidrolis bendung dilakukan dengan mengambil data debit banjir rencana dan data kebutuhan air maksimum. Tinggi mercu direncanakan setinggi 5,5 m dengan tipe mercu bulat dan kolam olak *USBR* Tipe III. Bendung direncanakan memiliki lebar efektif 46,5 m. Pintu *intake* pada bendung berjumlah 3 buah pintu sorong dengan lebar masing-masing 1,25 m. Kantong lumpur direncanakan dengan panjang 155 m. Pintu pengambilan di saluran primer menggunakan pintu *Romijn* tipe V. Saluran pembilas kantong lumpur direncanakan dengan panjang 50 m dan lebar dasar saluran 2 m.



Gambar 3 Dimensi Bendung

ANALISIS STABILITAS BENDUNG

Analisis stabilitas dilakukan pada kondisi normal dan banjir.

Kondisi Air Normal :

1. Terhadap Guling

$$SF = \frac{\Sigma MT}{\Sigma MG} = \frac{538,88}{218,16} = 2,47 > 1,5 \text{ (aman)}$$

2. Terhadap Geser

$$SF = f \frac{\Sigma RV}{\Sigma RH} = 0,75 \times \left(\frac{46,97}{22,76} \right) = 1,55 > 1,5 \text{ (aman)}$$

3. Terhadap Daya Dukung Tanah

a. Eksentrisitas

$$e = \left(\frac{L}{2} \right) - \left(\frac{\Sigma MT - \Sigma MG}{RV} \right) < \frac{L}{6}$$

$$e = \left(\frac{20,27}{2} \right) - \left(\frac{538,88 - 218,16}{46,97} \right)$$

$$e = 3,31 < \frac{L}{6} = 3,38 \text{ (aman)}$$

b. Tekanan Tanah

Hasil dari Laboratorium tanah di sekitar rencana Bendung Cikawung, diperoleh data:

- Sudut geser (θ) = 21,41°
- Berat jenis tanah basah (γ_b) = 1,77 t/m³
- Daya dukung tanah = 4,93 kg/cm² = 49,30 t/m²

- Tekanan Tanah Maksimum (σ_{maks})

$$\sigma_{maks} = \frac{RV}{L} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{L} \right) < \bar{\sigma}$$

$$\sigma_{maks} = \frac{46,97}{20,27} \left(1 + \frac{6 \times (3,31)}{20,27} \right) < \bar{\sigma} = 49,30$$

$$\sigma_{maks} = 4,59 < \bar{\sigma} = 49,30 \text{ (aman)}$$
- Tekanan Tanah Minimum (σ_{min})

$$\sigma_{min} = \frac{RV}{L} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{L} \right) > 0$$

$$\sigma_{min} = \frac{46,97}{20,27} \left(1 - \frac{6 \times (3,31)}{20,27} \right) > 0$$

$$\sigma_{min} = 0,05 > 0 \text{ (aman)}$$

Kondisi Air Banjir :

1. Terhadap Guling

$$SF = \frac{\Sigma MT}{\Sigma MG} = \frac{631,69}{212,01} = 2,98 > 1,5 \text{ (aman)}$$

2. Terhadap Geser

$$SF = f \frac{\Sigma RV}{\Sigma RH} = 0,75 \times \left(\frac{60,56}{30,03} \right) = 1,51 > 1,5 \text{ (aman)}$$

3. Terhadap Daya Dukung Tanah

a. Eksentrisitas

$$e = \left(\frac{L}{2} \right) - \left(\frac{\Sigma MT - \Sigma MG}{RV} \right) < \frac{L}{6}$$

$$e = \left(\frac{20,27}{2} \right) - \left(\frac{631,69 - 212,01}{60,56} \right)$$

$$e = 3,21 < \frac{L}{6} = 3,38 \text{ (aman)}$$

b. Tekanan Tanah

Hasil dari Laboratorium tanah di sekitar rencana Bendung Cikawung, diperoleh data:

- Sudut geser (θ) = 21,41°
- Berat jenis tanah basah (γ_b) = 1,77 t/m³
- Daya dukung tanah = 4,93 kg/cm² = 49,30 t/m²

- Tekanan Tanah Maksimum (σ_{maks})

$$\sigma_{maks} = \frac{RV}{L} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{L} \right) < \bar{\sigma}$$

$$\sigma_{maks} = \frac{60,56}{20,27} \left(1 + \frac{6 \times (3,21)}{20,27} \right) < \bar{\sigma} = 49,30$$

$$\sigma_{maks} = 5,82 < \bar{\sigma} = 49,30 \text{ (aman)}$$

- Tekanan Tanah Minimum (σ_{\min})

$$\sigma_{\min} = \frac{RV}{L} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{L} \right) > 0$$

$$\sigma_{\min} = \frac{60,56}{20,27} \left(1 - \frac{6 \times (3,21)}{20,27} \right) > 0$$

$$\sigma_{\min} = 0,15 > 0 \text{ (aman)}$$

RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN JADWAL PELAKSANAAN

Rencana Anggaran Biaya untuk desain Bendung Cikawung adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Rencana Anggaran Biaya

NO	JENIS PEKERJAAN	HARGA PEKERJAAN
I	Pekerjaan Persiapan	Rp 20.447.365,86
II	Pekerjaan Tanah	Rp 520.810.161,50
III	Pekerjaan Beton Bertulang	Rp 3.753.108.070,38
IV	Pekerjaan Pasangan Batu	Rp 1.818.933.933,00
V	Pekerjaan Pintu	Rp 161.000.000,00
VI	Pekerjaan Finishing	Rp 9.000.000,00
Harga Subtotal		Rp 6.283.299.530,74
PPN (10%)		Rp 628.329.953,07
Harga Total		Rp 6.911.629.483,81
PEMBULATAN		Rp 6.911.600.000,00
TERBILANG : ENAM MILYAR SEMBILAN RATUS SEBELAS JUTA ENAM RATUS RIBU RUPIAH		

Pelaksanaan bendung direncanakan dengan waktu 28 minggu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan :

1. Perencanaan Bendung Cikawung dimaksudkan untuk menaikkan tinggi muka airagar dapat memenuhi kebutuhan irigasi seluas 1020,24 ha yang ada di sekitar Sungai Cikawung.
2. Perencanaan Bendung Cikawung menggunakan Q banjir 50 tahun (Q_{50}) sebesar 425,29 m³
3. Ketersediaan air sungai yang dihasilkan pada daerah *non* - cekungan air tanah lebih sedikit dibandingkan dengan daerah cekungan air tanah.
4. Data teknis hasil perencanaan Bendung Cikawung:
 - a. Tinggi mercu bendung direncanakan setinggi 5,5 meter dengan tipe mercu bulat.
 - b. Kolam olak yang direncanakan adalah USBR tipe III.
 - c. Bendung direncanakan dengan lebar efektif 46,5 meter.
 - d. Pintu air yang direncanakan menggunakan pintu sorong, tetapi untuk pintu pengambilan ke sawah menggunakan pintu *Romijn*.

- c. Rencana Anggaran Biaya konstruksi bendung direncanakan sebesar Rp. 6.911.600.000,00 (Enam Milyar Sembilan Ratus Sebelas Juta Enam Ratus Ribu Rupiah)

Saran :

1. Dalam pelaksanaan Bendung Cikawung harus sesuai dengan gambar rencana agar bangunan tersebut dapat memenuhi kebutuhan irigasi DI Cikawung.
2. Ketersediaan air yang dirasa dapat mencukupi kebutuhan irigasi DI Cikawung, bahkan sisa dapat dimanfaatkan secara optimal dengan memperluas areal irigasi.
3. Pelaksanaan Bendung Cikawung harus memperhitungkan lokasi, cuaca, dan kesulitan yang mungkin timbul untuk mendapatkan hasil yang optimal secara tepat waktu dengan biaya pembangunan yang ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

-1986. *Standar Perencanaan Irigasi KP-01*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
-1986. *Standar Perencanaan Irigasi KP-02*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
-1986. *Standar Perencanaan Irigasi KP-04*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
-1986. *Standar Perencanaan Irigasi KP-06*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
-1986. *Standar Perencanaan Irigasi KP-07*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Harto, Sri B.R. 1993. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Gadjah Mada Press University.
- Kodoatie, Robert J, 2012. *Tata Ruang Air Tanah*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kodoatie, Robert J. dan Roestam, Sjarief. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Loebis, Joesron. 1992. *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Soemarto, C.D. 1995. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data)*. Bandung: Nova.
- Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku Takeda. 1999. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.