

PERENCANAAN LONG STORAGE KEMALANG KABUPATEN KLATEN JAWA TENGAH

Tony Susanto, M. Idu Zaman S, Sriyana ^{*)}, Slamet Hargono ^{*)}

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

ABSTRAK

Kebutuhan air irigasi dan air baku di Kabupaten Klaten semakin meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk. Kebutuhan air baku di Kabupaten Klaten selama ini diperoleh dari air sumur. Untuk itu Pemerintah dalam hal ini Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) berupaya mengembangkan sumber air baku baru dengan membangun Long Storage Kemalang. Perencanaan long storage Kemalang ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air baku dan air irigasi di 3 kecamatan Karangnongko, Manisrenggo dan Kebonarum serta untuk mengairi air irigasi seluas 322 ha. Berdasarkan hasil analisis debit andalan dengan metode F.J Mock diperoleh debit andalan sebesar 125 lt/det. Untuk desain tubuh dam long storage dipakai data hidrologi debit banjir Metode HSS Gamma I, dengan debit banjir rencana periode ulang 50 tahun sebesar 43,432 m³/dt. Volume tampungan Long Storage Kemalang sebesar 27.235,10 m³. Long storage ini direncanakan untuk menyediakan kebutuhan air baku sebesar 0,138 m³/dt dan mampu mengairi area irigasi sebesar 23 lt/dt/ha. Dam Long Storage ini direncanakan setinggi 14,5 m, dengan elevasi dasar dam +348,00 m, elevasi puncak dam +362,5,00 m, tinggi jagaan 1,5 m, lebar puncak dam 6 m, kemiringan hulu 1:3, kemiringan hilir 1:2,25. Dalam perencanaan Long Storage Kemalang ini digunakan spillway tipe Ambang Ogee selebar 10 m dengan tinggi 1,5 m dan elevasi puncak spillway +359,00 m, menggunakan kolam olakan datar tipe III dengan panjang 9,5m. Rencana waktu pelaksanaan proyek adalah 24 minggu dengan rencana anggaran biaya sebesar Rp.5.166.595.000,00.

kata kunci: *long storage, kebutuhan air, debit andalan, debit banjir rencana, spillway*

ABSTRACT

Irrigation water demand and raw water in Klaten regency is increasing in line with population growth. Raw water needs in Klaten regency have been obtained from well water. For the Government in this case the Department of Water Resources Management (PSDA) seeks to develop new sources of raw water by building Kemalang Long Storage. As the rainy season water reservoir, water reservoir can also be efficiently used in the dry season. Design of long storage Kemalang aims to meet the needs of raw water in three districts Karangnongko, Manisrenggo and Kebonarum and irrigation water to irrigate an area of 322 ha. Based on the mainstay discharge analysis by the method of F.J Mock obtained the discharge mainstay minimum of 125 liters/sec. For the body design of the long storage dam used the flood discharge hydrological data HSS Gamma I method with

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

flood discharge plan 50 years return period amounted 43,432 m³/sec. Kemalang Long Storage reservoir volume is 27.235,10 m³. Long storage is planned to supply raw water at 0,138 m³/sec and irrigation water needs by 23 liters/sec/ha. The planned long storage dam 14,5 m high, with a base elevation ponds +348,00 m, +362,5,00 m dam crest elevation, surveillance 1,5 m high, 6 m wide dam crest, upstream slope of 1:3, 1:2,25 downstream slope. In planning this Kemalang Long Storage used Ogee threshold type spillway width 10 m with a height of 1,5 m and a spillway crest elevation of +359,00 m, using an eject pond flat type III with a length of 9,5 m. This project implementation is scheduled for 24 weeks with a budget plan of Rp.5.166.595.000,00.

keywords: *long storage, water demand, discharge mainstay, flood discharge, spillway*

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya yang sangat dibutuhkan manusia untuk kehidupan sehari-hari. Hampir semua kegiatan manusia membutuhkan air. Kabupaten Klaten merupakan salah satu dari Kabupaten di Wilayah Provinsi Jawa Tengah yang menjadi lumbung padi, terletak sekitar 30 km di sebelah timur Kota Yogyakarta. Ditinjau dari letak geografis Kabupaten Klaten merupakan daerah berbukit.

Pertumbuhan penduduk dan ketidakseimbangan ketersediaan air antara musim penghujan dan musim kemarau menjadikan masalah air dari segi kuantitas. Fungsi dan masalah air yang sentral ini lah yang mengharuskan Pemerintah Kabupaten Klaten mampu merencanakan suatu sistem manajemen yang baik akan ketersediaan air. Pembangunan *Long Storage* adalah salah satu solusi dalam berbagai masalah yang berhubungan dengan sumber daya air, baik pemanfaatan, pengelolaan, pelestarian, maupun penanganan daya rusak dari sumber daya yang terbarukan tersebut.

Pembangunan *Long Storage* Kemalang diharapkan dapat membantu penduduk setempat untuk mencukupi kebutuhan akan air baku serta irigasi. Studi perencanaan *Long Storage* Kemalang di Desa Keputran, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah di wilayah kerja Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo inilah yang dipilih sebagai topik untuk penulisan Tugas Akhir ini.

ANALISIS HIDROLOGI

Analisis hidrologi diperlukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi daerah pengaliran sungai Kemalang, terutama di lokasi *Long Storage* Kemalang, yaitu karakteristik hujan, debit atau potensi air. Analisis hidrologi ini akan digunakan sebagai dasar analisis pekerjaan detail desain. Adapun langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasnya.
- b. Menentukan luas pengaruh daerah stasiun-stasiun penakar hujan sungai.
- c. Menentukan curah hujan maksimum tiap tahunnya dari data curah hujan yang ada.
- d. Menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun.
- e. Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan rencana di atas pada periode ulang T tahun.

- f. Menghitung debit andalan yang merupakan debit minimum sungai yang dapat untuk keperluan air baku.
- g. Menghitung kebutuhan air baku.
- h. Menghitung neraca air yang merupakan perbandingan antara debit air yang tersedia dengan debit air yang dibutuhkan untuk keperluan air baku.

Dalam analisis curah hujan rata – rata digunakan metode *Thiessen* dengan dua stasiun hujan yang berpengaruh dalam perhitungan yaitu Surowono, dan Geneng Sari. Perhitungan curah hujan dengan metode *thiessen* diolah berdasarkan sumber dari CD.Soemarto tahun 1995. Dari data yang didapat, hasil perhitungan curah hujan ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Perhitungan Curah Hujan dengan Metode *Thiessen*

| No | Tahun | Keterangan Curah Hujan Max di Sta. Referensi | Tanggal | Stasiun Pencatat Hujan | | | | Hujan Rata-Rata Harian (mm) | Hujan Max Harian Rata-Rata (mm) |
|----|-------|--|---------|------------------------|--------------|-------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------|
| | | | | Surowono | | Geneng Sari | | | |
| | | | | Curah Hujan | Bobot 91.457 | Curah Hujan | Bobot 8.543 | | |
| 1 | 2005 | Surowono | 31-Mar | 66.00 | 60.36 | 66.00 | 5.64 | 66.00 | 66.00 |
| | | Geneng Sari | 4-Nov | 24.00 | 21.95 | 69.00 | 5.89 | | |
| 2 | 2006 | Surowono | 22-May | 88.00 | 80.48 | 25.00 | 2.14 | 82.62 | 82.62 |
| | | Geneng Sari | 21-May | 0.00 | 0.00 | 55.00 | 4.70 | | |
| 3 | 2007 | Surowono | 30-Nov | 78.00 | 71.34 | 10.00 | 0.85 | 72.19 | 72.19 |
| | | Geneng Sari | 22-Jan | 0.00 | 0.00 | 37.00 | 3.16 | | |
| 4 | 2008 | Surowono | 31-Jan | 66.00 | 60.36 | 66.00 | 5.64 | 66.00 | 66.00 |
| | | Geneng Sari | 9-Mar | 28.00 | 25.61 | 76.00 | 6.49 | | |
| 5 | 2009 | Surowono | 2-Apr | 85.00 | 77.74 | 85.00 | 7.26 | 85.00 | 85.00 |
| | | Geneng Sari | 2-Apr | 85.00 | 77.74 | 85.00 | 7.26 | | |
| 6 | 2010 | Surowono | 3-May | 99.00 | 90.54 | 12.00 | 1.03 | 91.57 | 91.57 |
| | | Geneng Sari | 10-Nov | 13.00 | 11.89 | 98.00 | 8.37 | | |
| 7 | 2011 | Surowono | 6-Apr | 85.00 | 77.74 | 0.00 | 0.00 | 77.74 | 77.74 |
| | | Geneng Sari | 7-Apr | 50.00 | 45.73 | 105.00 | 8.97 | | |
| 8 | 2012 | Surowono | 7-Jun | 70.00 | 64.02 | 0.00 | 0.00 | 64.02 | 64.02 |
| | | Geneng Sari | 13-Feb | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 7.69 | | |
| 9 | 2013 | Surowono | 4-Mar | 77.00 | 70.42 | 11.00 | 0.94 | 71.36 | 71.36 |
| | | Geneng Sari | 6-Jan | 67.00 | 61.28 | 73.00 | 6.24 | | |
| 10 | 2014 | Surowono | 23-Feb | 75.00 | 68.59 | 48.00 | 4.10 | 72.69 | 72.69 |
| | | Geneng Sari | 26-Jan | 67.00 | 61.28 | 60.00 | 5.13 | | |

Sumber: CD,Soemarto, 1995 dan diolah

Kemudian menghitung parameter stastistik dan menentukan distribusi sebaran yang akan diuji dengan metode Chi Kuadrat dan *Smirnov-Kolmogorov*. Berdasarkan analisis distribusi data hujan menggunakan distribusi sebaran Distribusi Gumbel yang didapat dari CD. Soemarto tahun 1995, di dapat rekapitulasi curah hujan rencana pada Tabel 2.

Perhitungan debit rencana yang berdasarkan Kamiana tahun 2012, menggunakan beberapa metode, antara lain *Weduwen*, *Haspers*, dan *HSS Gamma I*. Hasil perhitungan debit rencana dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Gumbel

| No | Periode | X | S | Sn | Yn | Yt | Xt |
|----|---------|--------|-------|--------|--------|------|---------|
| 1 | 2 | | | 0.9562 | 0.4968 | 0.37 | 73.676 |
| 2 | 5 | | | 0.9754 | 0.5015 | 1.50 | 84.256 |
| 3 | 10 | 74.919 | 9.122 | 0.9868 | 0.5044 | 2.25 | 91.061 |
| 4 | 25 | | | 0.9998 | 0.5077 | 3.20 | 99.470 |
| 5 | 50 | | | 1.0083 | 0.5097 | 3.90 | 105.610 |
| 6 | 100 | | | 1.0162 | 0.5117 | 4.60 | 111.623 |

Sumber: CD, Soemarto, 1995 dan diolah

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

| Periode Ulang (tahun) | Metode perhitungan Q (m ³ /det) | | |
|--------------------------|--|---------|------------|
| | Haspers | Weduwen | HSS Gama-I |
| 2 | 20.250 | 39.952 | 23.738 |
| 5 | 23.155 | 47.959 | 29.767 |
| 10 | 25.024 | 53.316 | 34.121 |
| 25 | 27.332 | 60.140 | 47.716 |
| 50 | 29.018 | 65.254 | 43.432 |
| 100 | 30.668 | 70.363 | 47.280 |

Sumber: Kamiana, 2012 dan diolah

Berdasarkan pertimbangan keamanan, efisiensi, ekonomi, sosial, politik, ketidakpastian besarnya debit banjir yang terjadi di daerah tersebut serta tergantung pada luasnya daerah pengaliran sungai, maka perencanaan *Long Storage* Kemalang dipakai periode ulang 50 tahun. Jadi besarnya debit yang dipakai untuk perencanaan adalah metode *HSS Gama I* sebesar 43,432 m³/det. Untuk perencanaan bangunan pelimpah (*spillway*) digunakan debit banjir dengan periode ulang 50 tahunan (Q₁₀₀) sebesar 40,72 m³/dt.

Setelah mengetahui debit banjir rencana, kemudian mencari debit andalan dengan menggunakan cara analisis *water balance* dari Dr. F.J Mock berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, serta hasil perhitungan evapotranspirasi. Perhitungan debit andalan ini diambil dari sumber Bambang Triatmojo tahun 2008. Hasil rekapitulasi perhitungan debit andalan disajikan dalam Tabel 4, yang nantinya digunakan untuk menentukan debit minimum sungai dengan kemungkinan debit terpenuhi dalam prosentase 20% kering (Tabel 5).

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Debit Andalan

| Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
| 2005 | 1.49 | 0.36 | 0.51 | 0.83 | 0.26 | 0.22 | 0.19 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.08 | 1.71 |
| 2006 | 0.80 | 1.35 | 0.68 | 0.84 | 0.98 | 0.42 | 0.37 | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.26 | 0.40 |
| 2007 | 0.20 | 0.44 | 0.15 | 1.43 | 0.24 | 0.18 | 0.13 | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 0.06 | 3.54 |
| 2008 | 0.46 | 3.10 | 7.54 | 0.62 | 0.43 | 0.35 | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.23 | 0.28 | 0.20 |
| 2009 | 0.35 | 0.55 | 0.45 | 0.47 | 0.33 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.17 | 0.19 |
| 2010 | 14.27 | 2.77 | 7.98 | 3.52 | 8.45 | 0.81 | 0.85 | 1.43 | 4.77 | 2.87 | 2.81 | 2.99 |
| 2011 | 0.85 | 0.85 | 0.73 | 1.48 | 1.69 | 0.56 | 0.40 | 0.27 | 0.19 | 0.15 | 0.28 | 1.68 |
| 2012 | 1.46 | 1.16 | 0.67 | 0.67 | 0.35 | 0.29 | 0.21 | 0.16 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.98 |
| 2013 | 5.29 | 4.80 | 1.73 | 1.41 | 0.62 | 0.75 | 0.37 | 0.24 | 0.17 | 0.13 | 0.37 | 0.96 |
| 2014 | 1.48 | 1.46 | 0.76 | 0.64 | 0.55 | 0.45 | 0.35 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.36 | 0.29 |

Sumber: Bambang Triatmojo, 2008 dan diolah

Perhitungan debit andalan digunakan debit andalan 80 %, yang artinya 80 % kebutuhan air baku dan air irigasi dapat terpenuhi atau dengan kata lain kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah 20%.

Tabel 5. Debit Andalan untuk Kebutuhan Air Baku dan Air Irigasi

| Year | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10.00% | 14.269 | 4.801 | 7.977 | 3.518 | 8.445 | 0.809 | 0.852 | 1.428 | 4.766 | 2.873 | 2.813 | 3.545 |
| 20.00% | 5.289 | 3.101 | 7.538 | 1.484 | 1.687 | 0.755 | 0.403 | 0.336 | 0.303 | 0.272 | 0.367 | 2.986 |
| 30.00% | 1.486 | 2.774 | 1.729 | 1.430 | 0.983 | 0.557 | 0.374 | 0.327 | 0.285 | 0.257 | 0.362 | 1.710 |
| 40.00% | 1.479 | 1.460 | 0.763 | 1.413 | 0.623 | 0.450 | 0.373 | 0.273 | 0.215 | 0.227 | 0.284 | 1.683 |
| 50.00% | 1.465 | 1.352 | 0.729 | 0.837 | 0.550 | 0.415 | 0.352 | 0.253 | 0.199 | 0.198 | 0.282 | 0.978 |
| 60.00% | 0.848 | 1.164 | 0.683 | 0.826 | 0.429 | 0.351 | 0.298 | 0.241 | 0.191 | 0.149 | 0.260 | 0.955 |
| 70.00% | 0.805 | 0.852 | 0.674 | 0.665 | 0.349 | 0.293 | 0.230 | 0.213 | 0.169 | 0.135 | 0.172 | 0.400 |
| 80.00% | 0.465 | 0.548 | 0.513 | 0.642 | 0.326 | 0.247 | 0.206 | 0.165 | 0.132 | 0.125 | 0.131 | 0.290 |
| 90.00% | 0.350 | 0.442 | 0.453 | 0.618 | 0.257 | 0.221 | 0.189 | 0.132 | 0.105 | 0.097 | 0.083 | 0.196 |
| 100.00% | 0.199 | 0.363 | 0.145 | 0.471 | 0.240 | 0.184 | 0.126 | 0.094 | 0.071 | 0.055 | 0.060 | 0.190 |

Sumber: Bambang Triatmojo, 2008 dan diolah

Untuk *Long Storage* dengan debit andalan 80% didapat debit andalan minimum sebesar $0,125 \text{ m}^3/\text{det} = 125 \text{ lt/det}$.

Analisis Kebutuhan Air

Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah besarnya debit air yang akan dipakai untuk mengairi lahan di daerah irigasi. Menurut jenisnya ada 2 (dua) dua macam kebutuhan air untuk mengairi lahan di daerah irigasi, yaitu kebutuhan air untuk tanaman dan kebutuhan air untuk irigasi. Hasil perhitungan kebutuhan air irigasi dengan pola tanam 3 kali dalam 1 tahun. Padi 2 kali dan palawija 1 kali. Secara teoritis didapatkan sebesar 7451,04 lt/dt.

Kebutuhan Air Baku

Long Storage Kemalang direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air baku domestik dan non domestik untuk warga Kecamatan Kebonarum, Manisrenggo dan Karangnongko. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) jumlah penduduk 3 kecamatan pada tahun 2014 berjumlah 102.136 jiwa, dengan pertumbuhan penduduk rata-rata (a) 0,0233 % pertahun.

Long Storage direncanakan dapat melayani kebutuhan air baku sampai 5 tahun mendatang yaitu pada tahun 2020. Jumlah penduduk di 3 kecamatan adalah 102.136 jiwa dengan pertumbuhan penduduknya sebesar 0,0233%. Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2020 adalah 102.256 jiwa

Berdasarkan proyeksi jumlah penduduk sebesar 102.256 jiwa, maka besarnya konsumsi unit sambungan rumah adalah 130 (liter/org/unit). Dari parameter-parameter di atas kebutuhan air domestik pada proyeksi penduduk tahun 2020 adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air domestik} &= 102.256 \text{ jiwa} \times 130 \text{ ltr/org/hari} \times 80\% \\ &= 10.662.144 \text{ ltr/hari} = 122,941 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

Data yang digunakan dalam menganalisis kebutuhan air non domestik adalah data yang diambil dari Badan Pusat Statistik mengenai jumlah murid sekolah di Kabupaten Klaten

dan jumlah unit pada beberapa fasilitas umum di 3 kecamatan di Kabupaten Klaten. Dari hasil perhitungan didapatkan kebutuhan air non domestik sebesar 15,121 lt/dt. Sehingga jumlah kebutuhan air baku sebesar $122,941 + 1,121 = 138,062$ lt/dt

Analisis Kehilangan Air

Kehilangan Air Akibat Penguapan

Dari hasil perhitungan volume kehilangan air akibat evaporasi pada permukaan *Long Storage* didapatkan V_e sebesar 1.570,04 m³ selama 1 tahun. Adapun perhitungannya berdasarkan sumber dari Iman Subarkah tahun 1980. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Evaporasi pada Permukaan *Long Storage*

| No | Bulan | Volume Air yang Menguap m ³ | Kumulatif m ³ |
|----|-----------|---|-----------------------------|
| 1 | Januari | 98.11 | 98.11 |
| 2 | Februari | 108.02 | 206.13 |
| 3 | Maret | 116.72 | 322.84 |
| 4 | April | 138.77 | 461.61 |
| 5 | Mei | 143.24 | 604.85 |
| 6 | Juni | 158.73 | 763.59 |
| 7 | Juli | 157.75 | 921.33 |
| 8 | Agustus | 140.41 | 1061.74 |
| 9 | September | 144.87 | 1206.61 |
| 10 | Oktober | 137.23 | 1343.84 |
| 11 | Nopember | 113.28 | 1457.11 |
| 12 | Desember | 112.93 | 1570.04 |

Sumber: Iman Subarkah, 1980 dan diolah

Kehilangan Air Akibat Resapan Long Storage

Besarnya volume kehilangan air akibat resapan melalui dasar, dinding, dan tubuh dam tergantung dari sifat lolos air material dasar dan dinding kolam. Sedangkan sifat ini tergantung pada jenis butiran tanah atau struktur batu pembentuk dasar dan dinding kolam.

Dari data penyelidikan tanah nilai $k < 10^{-5}$ cm/d, dipakai $K = 10\%$

$$V_i = 0,10 \times 28.153,206 = 2.815,321 \text{ m}^3$$

Dari hasil perhitungan, maka akan didapat besarnya kehilangan air akibat resapan *Long Storage* selama 1 tahun sebesar 2.815,321 m³/tahun.

Optimasi Tampungan Long Storage

Bangunan *Long Storage* sebagai penyimpan air mempunyai fungsi yang sangat baik dalam mencukupi kebutuhan akan air, khususnya pada saat musim kemarau. Air Sungai Kemalang direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air baku dan air irigasi bagi masyarakat Kecamatan Kebonarum, Manisrenggo dan Karangnongko.

Selain itu dilakukan pula perhitungan kehilangan air akibat evaporasi dan resapan, maka akan didapat besarnya kehilangan air pada setiap bulannya. Untuk melihat seberapa besar pengaruh kehilangan air, variable ini dimasukkan ke dalam perhitungan volume tampungan hidup seperti yang tersaji pada Tabel 7. Perhitungan volume tampungan hidup ini diambil dari sumber Chay Asdak tahun 1995.

Tabel 7. Perhitungan Volume Tampungan Hidup *Long Storage*

| Bulan | hari | Inflow | | | Kebutuhan | | | | ΔS | Storage Waduk | Elevasi | Ket |
|-------|------|----------|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------|--------|
| | | Debit | | Kumulatif | Air baku | Air Irigasi | Jumlah | Kumulatif | | | | |
| | | m^3/dt | m^3 | m^3 | m^3 | m^3 | m^3 | m^3 | | | | |
| Mar | 31 | 0.46 | 1158768.8 | 1158768.85 | 369619.2 | 723471.9326 | 1093091.133 | 1093091.133 | 65677.71441 | 32287.35 | 359 | Limpas |
| Apr | 30 | 0.55 | 1428134.5 | 2586903.36 | 357696 | 785060.6667 | 1142756.667 | 2235847.799 | 285377.8487 | 97965.06 | 359 | Limpas |
| Mei | 31 | 0.51 | 830520.91 | 3417424.27 | 369619.2 | 319247.0395 | 688866.2395 | 2924714.039 | 141654.6698 | 383342.91 | 359 | Limpas |
| Jun | 30 | 0.64 | 607898.01 | 4025322.28 | 357696 | 562075.2344 | 919771.2344 | 3844485.273 | -311873.2247 | 524997.58 | 359 | Limpas |
| Jul | 31 | 0.33 | 553716 | 4579038.28 | 369619.2 | 371994.4218 | 741613.6218 | 4586098.895 | -187897.6214 | 213124.36 | 359 | Limpas |
| Agust | 31 | 0.25 | 470658.6 | 5049696.88 | 369619.2 | 104892.0855 | 474511.2855 | 5060610.18 | -3852.68518 | 25226.74 | 358 | |
| Sep | 30 | 0.21 | 387154.66 | 5436851.54 | 357696 | 42822.7866 | 400518.7866 | 5461128.967 | -13364.13151 | 21374.05 | 357.35 | |
| Okt | 31 | 0.16 | 404117.44 | 5840968.98 | 369619.2 | 976372.131 | 1345991.331 | 6807120.298 | -941873.8923 | 8009.92 | 354.3 | |
| Nop | 30 | 0.13 | 732313.92 | 6573282.9 | 357696 | 212916.5452 | 570612.5452 | 7377732.843 | 161701.3748 | -933863.97 | 352 | |
| Des | 31 | 0.13 | 1462904.4 | 8036187.25 | 369619.2 | 300400.4554 | 670019.6554 | 8047752.499 | 792884.6967 | -772162.60 | 352 | |
| Jan | 31 | 0.13 | 1040225.4 | 9076412.69 | 369619.2 | 666583.1837 | 1036202.384 | 9083954.882 | 4023.054428 | 20722.10 | 357.2 | |
| Feb | 28 | 0.29 | 1285413.9 | 10361826.6 | 333849.6 | 830859.5968 | 1164709.197 | 10248664.08 | 120704.6845 | 24745.15 | 357.9 | |

Sumber: Chay Asdak, 1995 dan diolah

Analisis Sedimen

Untuk memperkirakan laju sedimentasi pada DAS S. Kemalang digunakan metode Wischmeier dan Smith atau lebih dikenal dengan metode USLE (*Universal Soil Losses Equation*). Perkiraan Laju sedimen dimaksudkan untuk mendapatkan angka sedimentasi dalam satuan $m^3/tahun$, guna memberikan perkiraan angka yang lebih pasti untuk penentuan ruang sedimentasi.

Jumlah volume sedimen yang masuk volume tampungan adalah sebagai berikut:

Kapasitas sedimen = 575,11 ton/th

Volume sedimen = kapasitas sedimen (ton/tahun) x ρ_s
 = 575,11 ton/th / 2,560 t/ m^3 = 222,51 $m^3/tahun$

Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Penelusuran Banjir Melalui Pelimpah

Sebelum menghitung penelusuran banjir melalui pelimpah (*spillway*), dilakukan perhitungan untuk mendapatkan elevasi puncak mercu *spillway*. Elevasi tersebut adalah elevasi muka air volume tampungan normal *long storage* (CD. Soemarto, 1999)

Volume Tampungan Normal = V tampungan hidup + V mati = 28.153,206 m^3

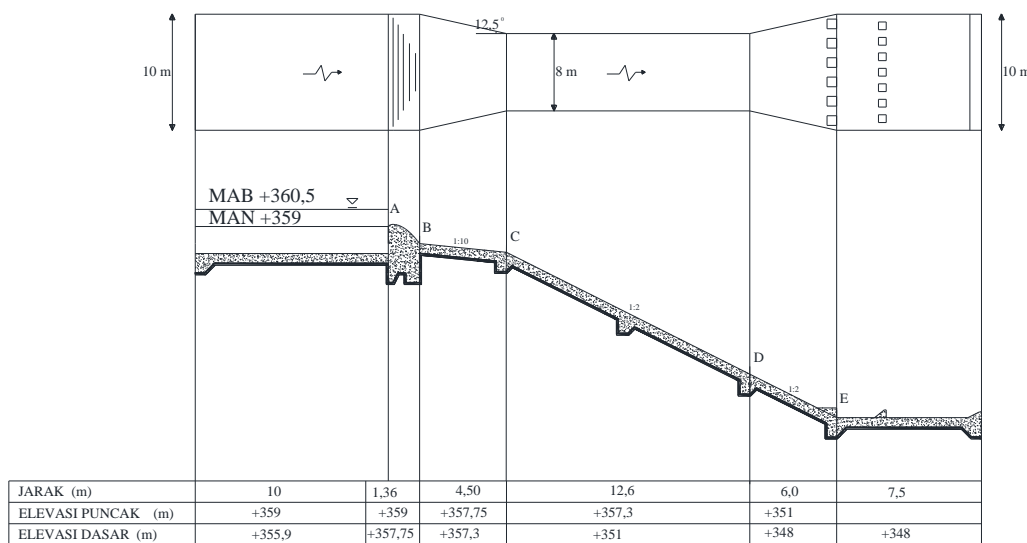
Dari grafik hubungan antara elevasi dan volume tampungan, diperoleh bahwa muka air genangan pada volume tampungan 28.153,206 m^3 , dengan elevasi +359,00 m. Penelusuran banjir lewat pelimpah erat kaitannya dengan penentuan tinggi puncak dam. Berdasarkan perhitungan *flood routing*, didapat debit *outflow* rencana 50 tahunan (Q_{50}) adalah sebesar 40,72 m^3/dt dengan elevasi maksimum +360,50 m.

PERENCANAAN BANGUNAN PELIMPAH (SPILLWAY)

Bangunan pelimpah berfungsi untuk mengalirkan air banjir yang masuk ke dalam *long storage* agar tidak membahayakan keamanan tubuh dam. Pada perencanaan bangunan pelimpah *Long Storage* Kemalang dipakai debit banjir rencana 50 tahunan (Q_{50}) sebesar $40,72 \text{ m}^3/\text{det}$. Dari analisis data, didapat:

- Elevasi mercu spillway = +359,00 m
- Ketinggian air di atas mercu (H) = 1,5 m, elevasi +360,5 m
- Q_{out} yang melewati *spillway* (Q) = $40,72 \text{ m}^3/\text{det}$
- Lebar ambang mercu (b) = 10 m

Tinggi mercu pelimpah direncanakan setinggi 1,5 meter dengan tipe mercu *ogee* dan kolam olak datar tipe III. Desain bangunan pelimpah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Potongan memanjang Bangunan Pelimpah

Analisis Stabilitas Bangunan Pelimpah

Hasil dari analisis dan besarnya angka keamanan (SF) serta aman tidaknya stabilitas bangunan pelimpah menggunakan program *Plaxis V.8.2* ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Analisis Stabilitas Bangunan Pelimpah dengan *Plaxis V.8.2*

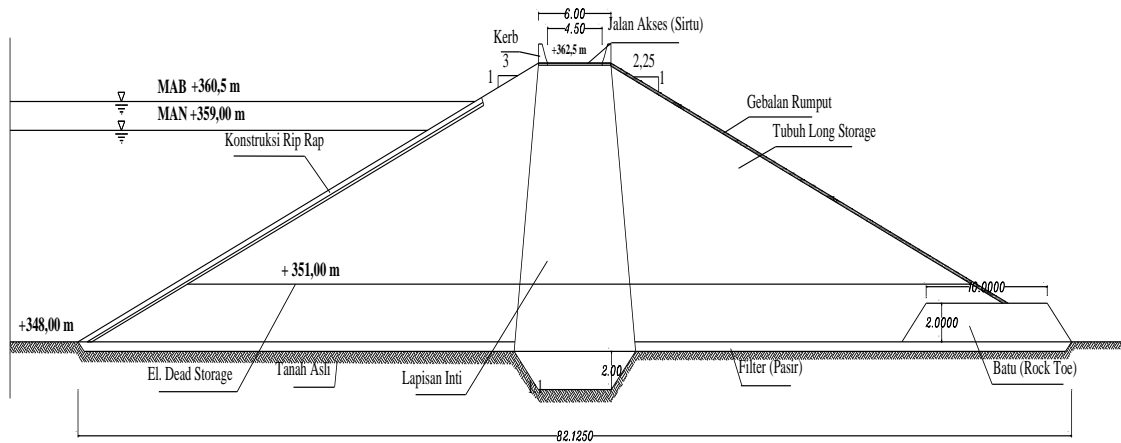
| No | Kondisi yang dianalisis | deformasi | safety factor | Syarat SF | Keterangan |
|----|------------------------------------|--------------------------|---------------|-----------|------------|
| 1 | Kondisi <i>Long Storage</i> kosong | $7,63 \times 10^{-4}$ cm | 6,4636 | >1,5 | Aman |
| 2 | Kondisi muka air normal | 1,113 cm | 9,3751 | >1,5 | Aman |
| 3 | Kondisi muka air banjir | 1,944 cm | 5,652 | > 1,3 | Aman |

PERENCANAAN TUBUH DAM LONG STORAGE

Dalam perencanaan ini dibatasi pada perencanaan tubuh dam, analisis stabilitas, dan stabilitas tubuh dam menggunakan program *Plaxis V.8.2*. Berdasarkan analisis tumpangan, muka air normal, muka air banjir dan tumpangan mati, didapat dimensi tubuh Dam sebagai berikut:

- Elevasi puncak dam *Long Storage* +362,500 m
- Tinggi tubuh dam *Long Storage* 14,5 m
- Panjang dam *long storage* 82,125 m
- Lebar puncak *long storage* 6 m
- Kemiringan Lereng (*slope gradient*) dengan pertimbangan keamanan stabilitas longsor, maka diambil kemiringan 1:3 untuk sebelah hulu dan 1:2,25 sebelah hilir.

Desain konstruksi tubuh Dam *Long Storage* didasarkan pada sumber Suyono Sosrodarsono tahun 1977 dan dapat dilihat pada Gambar 2 potongan melintang tubuh dam *Long Storage*.



Gambar 2. Potongan Melintang Tubuh Dam *Long Storage*

Hasil dari analisis dan besarnya angka keamanan (SF) serta aman tidaknya stabilitas tubuh Dam *Long Storage* menggunakan program *Plaxis V.8.2* ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Analisis Stabilitas Tubuh Dam *Long Storage* dengan *Plaxis V.8.2*

| No | Kondisi yang dianalisis | deformasi | SF | Syarat | Keterangan |
|----|----------------------------------|-----------|--------|--------|------------|
| 1 | Kondisi <i>Long Storage</i> awal | 0,8348 cm | 1,7363 | 1,5 | Aman |
| 2 | Kondisi muka air normal | 4,834 cm | 1,559 | 1,5 | Aman |
| 3 | Kondisi muka air banjir | 5,393 cm | 1,5511 | 1,3 | Aman |
| 4 | Kondisi rapid drawdown | 5,472 cm | 1,5555 | 1,3 | Aman |

RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN JADWAL PELAKSANAAN

Jenis pekerjaan yang tersusun dalam Rencana Anggaran Biaya untuk desain *Long Storage* Kemalang meliputi 5 jenis pekerjaan yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan dam *Long Storage*, pekerjaan *spillway*, pekerjaan *intake*, dan pekerjaan lain-lain.

Anggaran biaya untuk pekerjaan persiapan yang meliputi pengukuran, pemasangan *bouwplank*, Air kerja, dan lain-lain adalah Rp 383.608.850,00. Untuk pekerjaan dam *long storage* direncanakan anggaran sebesar Rp 3.967.420.450,00. Pekerjaan *Spillway* direncanakan anggaran sebesar Rp 643.574.150,00. Pekerjaan *Intake* sebesar Rp 34.941.900,00 dan untuk pekerjaan lain-lain sebesar Rp 137.050.000,00.

Untuk pekerjaan dam *long storage* meliputi 3 item pekerjaan yaitu pekerjaan tubuh dam *long storage*, pekerjaan perkuatan lereng hilir dan pekerjaan perkuatan lereng hulu. Pekerjaan tubuh dam direncanakan anggaran sebesar Rp 3.729.720.800,00. Pekerjaan perkuatan lereng hilir sebesar Rp 92.760.000,00 dan untuk pekerjaan perkuatan lereng hulu sebesar Rp 144.939.600,00.

Dari kelima jenis pekerjaan yang telah diuraikan diatas maka Rencana anggaran biaya untuk *Long Storage* Kemalang sebesar Rp. 5.166.595.000,00. Untuk jadwal pelaksanaan menggunakan metode NWP dengan rencana waktu pelaksanaan pembangunan *Long Storage* adalah selama 24 minggu.

KESIMPULAN

Hal - hal yang dapat disimpulkan dari Perencanaan *Long Storage* Kemalang setelah melakukan pengolahan data secara keseluruhan dalam laporan tugas akhir ini adalah:

1. Pembangunan *Long Storage* Kemalang dimaksudkan untuk memberikan persediaan air baku dan air irigasi untuk masyarakat di Kecamatan Karangnongko, Manisrenggo dan Kebonarum.
2. Luas daerah tangkapan adalah 19,9 km² dengan debit banjir rencana sebesar 43,432m³/det untuk metode *HSS Gamma I* periode ulang 50 tahun.
3. Volume tampungan normal *long storage* adalah 27.235,10 m³, dari grafik hubungan antara elevasi dan volume tampungan, diperoleh elevasi muka air genangan +359,00 m.
4. *Long storage* ini mampu menyediakan kebutuhan air baku sebesar 0,138 m³/dt dan mampu mengairi area irigasi sebesar 23 lt/dt/ha.
5. Tinggi mercu pelimpah direncanakan setinggi 1,5 meter dengan tipe ambang *Ogee* dan kolam olakan datar tipe III.
6. Elevasi puncak dam + 362,5 m dengan panjang dam adalah 82,125 m.
7. Bangunan penyadap yang direncanakan menggunakan bangunan penyadap menara (*outlet tower*) dengan pintu air berukuran 150 cm x 50 cm berupa pintu geser berbentuk persegi panjang dari plat baja.
8. Rencana waktu pelaksanaan proyek adalah 24 minggu dengan rencana anggaran biaya sebesar Rp. 5.166.595.000,00.

SARAN

Saran - saran dalam perencanaan *Long Storage* Kemalang antara lain:

1. Setelah dihitung besaran sedimen yang terjadi dan umur sedimen di tampungan hanya sekitar 12 tahun. Sehingga disarankan setelah 12 tahun dilakukan pengurusan kolam tampungan dan harus direncanakan kembali pintu pembilasan.
2. Pemilihan jenis material harus benar-banar dijaga dengan baik khususnya material yang digunakan pada timbunan inti tubuh dam, sehingga mutu yang diperoleh baik dan konstruksi dam aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay, 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Soemarto, C.D, 1995. *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.

- Sosrodarsono, Suyono, 1977. *Bendungan Type Urugan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 2008. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Kamiana, I Made, 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Subarkah, Iman, 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.