

# ANALISIS HIDROLIKA PELIMPAH TAMBAHAN PADA BENDUNGAN MANIKIN DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS 6.2

Nikodemus Mbeo

Prof. Dr. Ir. Denik Sri Krisnayanti, ST., MT

John Hendrik Frans, ST., MT

Civil Engineering, Nusa Cendana University, Kupang

e-mail: nikodemusmbeo1906@gmail.com

## ABSTRAK

Bendungan Manikin merupakan salah satu dari 7 Bendungan di Provinsi NTT. Bendungan ini memiliki Pelimpah tambahan bertipe *ogge*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kecepatan aliran dan profil muka air banjir pada penampang pelimpah tambahan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan analisis Program HEC-RAS 6.2. Hasil penelitian diperoleh profil muka air banjir maksimum untuk debit  $Q_{PMF}$  pada penampang persegi berada di elevasi 151,74 m dan minimum berada di elevasi 146,79 m, penampang *boxculvert* muka air di elevasi 144,51 m dan minimum di elevasi 143,14 m, penampang persegi panjang muka air di elevasi 144,30 m dan minimum di elevasi 143,95 m, penampang trapesium di elevasi 143,58 m dan minimum di elevasi 105,56 m. Sedangkan debit  $Q_{1000}$  tahun muka air maksimum pada penampang persegi di elevasi 150,18 m, dan minimum di elevasi 142,79 m, penampang *boxculvert* muka air di elevasi 141,91 m dan minimum di elevasi 141,23 m, penampang persegi panjang muka air di elevasi 141,31 m dan minimum di elevasi 140,80 m, pada penampang trapesium muka air di elevasi 140,81 m dan minimum di elevasi 103,02 m. Kecepatan rata-rata aliran untuk debit  $Q_{PMF}$  sebesar 5,00 m/s dan debit  $Q_{1000}$  tahun sebesar 1,29 m/s.

Kata kunci: Pelimpah tambahan Bendungan, Hidrolika aliran, HEC-RAS

## 1. PENDAHULUAN

Bendungan Manikin terletak di Desa Kuaklalo, Kecamatan Taebenu, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur (NTT). Bendungan Manikin ini merupakan bendungan kelima dari tujuh bendungan yang di bangun di Provinsi NTT. Bendungan ini di desain dengan tipe urugan random batu gamping dengan inti tegak yang memiliki kapasitas tampungan 28,20 juta  $m^3$  air dan luasan genangan normal 148,7 Hektar (Ha). (Balai Wilayah Nusa Tenggara II 2021. Bendungan Manikin).

Bendungan yang sumber airnya berasal dari Sungai Manikin dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) 49,31  $km^2$  ini direncanakan dapat memenuhi kebutuhan lahan pertanian seluas 310 Ha di Kabupaten Kupang dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber air baku, sebesar 700 liter/detik. Selain dapat berfungsi sebagai pengendalian banjir, Bendungan Manikin ini juga dimanfaatkan sebagai tempat parawisata. (Balai Wilayah Nusa Tenggara II 2021. Bendungan Manikin).

Pada Bendungan Manikin ini direncanakan bangunan pelimpah yang berfungsi untuk membuang kelebihan air tampungan pada saat terjadi banjir. Pelimpah tambahan Bendungan didesain dengan tipe *Ogee*. Pelimpah tambahan bendungan digunakan untuk menambah kapasitas pelimpah utama jika pelimpah utama tidak mencukupi mengalirkan banjir desain. Pelimpah tambahan bendungan ini memiliki ukuran yang panjang dengan variasi bentuk saluran yang berbeda dari hulu ke hilir, sehingga untuk mengetahui kapasitas aliran pada penampang pelimpah tersebut, tujuan penelitian ini untuk mengetahui kecepatan aliran serta profil muka air pada penampang pelimpah tambahan. Dalam penelitian ini analisis hidrolika dilakukan menggunakan program HEC-RAS 6.2 dengan debit  $Q_{1000}$  dan debit PMF.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Kehilangan Tinggi Energi

Kehilangan tinggi energi ( $h_e$ ) di antara dua penampang melintang terdiri dari dua komponen yakni kehilangan energi akibat gesekan (*friction losses*) dan kehilangan energi akibat perubahan penampang (*contraction or expansion losses*) (Martiani et al., 2020), dengan persamaan berikut :

$$h_e = C \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$$

Dimana :

- $h_e$  = Kehilangan energi (m)
- $C$  = Koefisien ekspansi dan kontraksi
- $a_2, a_1$  = Koefisien energi
- $v_1, v_2$  = Tinggi kecepatan (m/s)
- $g$  = Percepatan gravitasi (m/s)

### Persamaan Kontinuitas

Aliran di saluran atau sungai merupakan proses fisik yang mengikuti hukum kekekalan massa dan kekekalan momentum. Proses fisik ini dapat digambarkan dengan persamaan matematis, yang dikenal sebagai Persamaan St. Venant. Persamaan St. Venant terdiri dari persamaan kontinuitas (prinsip konservasi massa) dan persamaan momentum (prinsip konservasi momentum), dengan persamaan berikut :

$$Q_1 = Q_2 = A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

Dimana :

- $Q$  : Debit Aliran (m<sup>3</sup>/det)
- $A$  : Luas Penampang (m<sup>2</sup>)
- $V$  : Kecepatan Aliran (m/detik)

### Bilangan Froude (Fr)

Bilangan Froude adalah angka nondimensional hubungan antara gaya inerti dan gaya gravitasi pada aliran air. Froude seorang ilmuwan Inggris mengamati bahwa hambatan sebuah perahu ketika ditarik dalam air, jumlah gelombang yang terjadi akan sama jika perbandingan kecepatan perahu terhadap akar panjang gelombangnya sama. Dalam hidrolika panjang gelombang adalah sama dengan kedalaman hidrolis, dengan persamaan berikut :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$$
$$D = \frac{A}{T}$$

Dimana :

- $V$  : kecepatan aliran (m/dt)
- $g$  : gravitasi (9,8 m/dt<sup>2</sup>)
- $D$  : kedalaman hidrolis (m)
- $A$  : luas tampang aliran (m<sup>2</sup>)
- $T$  : lebar permukaan aliran (m)

### Jagaan (Freeboard)

Jagaan atau *freeboard* dari suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai permukaan air pada kondisi perencanaan. Tinggi jagaan direncanakan 0,75 m untuk banjir  $Q_{PMF}$  sebesar 288,63 m<sup>3</sup>/detik sebagai debit kontrol (Konsultan Supervisi Bendungan Manikin, 2023). Tinggi jagaan  $Q_{PMF} > 0,75$  m.

### Koefisien Kekasaran Manning (n)

Nilai kekasaran manning ( $n$ ) merupakan fungsi dari jenis bahan dinding saluran. Nilai koefisien manning yang digunakan dalam menentukan kekasaran dinding saluran dilakukan sesuai dengan saluran tanah (0,016-0,140), saluran pasangan (0,023-0,030), saluran beton (0,014-0,030).

### HEC-RAS 6.2

Hec-Ras merupakan sebuah program perangkat lunak komputer yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC), yaitu salah satu divisi dalam *institute for Water Resources* (IWR), dibawah *US Army Corps Of Engineers*

(USACE). Hec-Ras dibuat dengan tujuan untuk dapat memodelkan aliran satu dimensi sebuah sungai atau saluran. Aliran yang dimodelkan yaitu aliran permanen *steady flow* dan aliran tak permanen *unsteady flow*.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Bendungan Manikin yang terletak secara administratif di Sungai Manikin, diantara Desa Kuaklalo dan Desa Bokong Kecamatan Taebenu. Serta secara topografis terletak pada koordinat  $10^{\circ}12'46''$ LS dan  $123^{\circ}43'04''$ BT. Lokasi penelitian ini dapat dicapai melalui jalan beraspal dari kota Kupang kearah timur laut arah Penfui yang jarak tempuh kurang lebih 14 km menuju ke Desa Kuaklalo. Jalan masuk kelokasi penelitian sekitar 1,7 km dari Desa Kuaklalo ke Bendungan Manikin.

#### Jenis Data

Jenis – jenis data dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang didapat dari hasil pengamatan di lapangan yaitu berupa data dokumentasi. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait dan hasil studi kepustakaan seperti data penampang pelimpah tambahan dan data debit  $Q_{1000}$  dan  $Q_{PMF}$ .

#### Teknik Analisis Data

1. Menyiapkan data-data yang digunakan untuk analisis hidrolika
2. Data geometri dari pelimpah tambahan Bendungan Manikin  
Data geometri yang digunakan yaitu data profil melintang dan profil memanjang pelimpah tambahan Bendungan Manikin.
3. Data debit banjir  
Data debit yang digunakan yaitu data debit dengan kala ulang  $Q_{1000}$  dan  $Q_{PMF}$ . yang didapatkan dari perencanaan Bendungan Manikin
4. Melakukan analisis hidrolika aliran menggunakan Hec-Ras 6.2
5. Pembuatan *file project* pada Hec-Ras  
Pada bagian *file project* dilakukan penamaan pada *project* yang akan digunakan sebagai tempat untuk penyimpanan *file* analisis hidrolika
6. Menginput data geometri pelimpah tambahan bendungan  
Pada bagian ini dilakukan *penginputan* data pelimpah tambahan yaitu data *cross section* dan *long section*.
7. Menyimpan data geometri pelimpah tambahan  
Setelah *menginput* data geometri pelimpah maka data tersebut di simpan pada *file* yang telah dibuat untuk di *running*.
8. Menginput data debit banjir rencana  
Menginput data debit banjir yang ada kedalam *entering flow data* dan *boundary data*.
9. Menyimpan data debit banjir rencana  
Pada bagian ini data debit di simpan untuk dilakukan *running data*.
10. Melakukan *running unsteady flow* data pada Hec-Ras  
Data yang sudah dimasukan dilakukan *running* untuk mengetahui hasil aliran yang terjadi pada pelimpah tersebut.
11. Menganalisis hasil *running* dan perhitungan dari tabel pada Hec-Ras  
Data-data yang sudah di *input* dilakukan *running* untuk mendapatkan hasil analisis hidrolika yang dibutuhkan.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

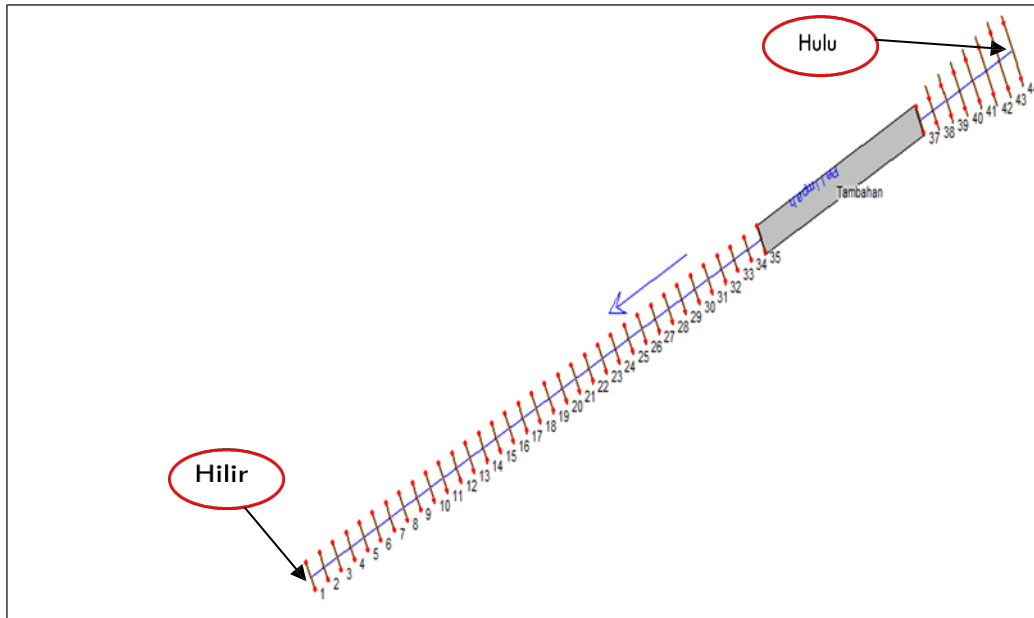
#### Data Debit Banjir Kala Ulang $Q_{1000}$ Tahun dan $Q_{PMF}$ Tahun

Berdasarkan data hasil perhitungan Konsultan Supervisi Bendungan Manikin Tahun 2023 untuk debit *inflow* dan *outflow*  $Q_{1000}$  dan  $Q_{PMF}$  hasil *routing* pelimpah Bendungan Manikin didapatkan debit *inflow*  $Q_{1000}$  sebesar 734,10  $m^3/detik$  dan  $Q_{PMF}$  sebesar 1440,00  $m^3/detik$  dapat dilihat pada Lampiran 4. Sedangkan debit *outflow* yang didapatkan untuk pelimpah Bendungan Manikin yaitu debit *outflow* untuk pelimpah utama dan debit *outflow* untuk pelimpah tambahan. Debit *outflow* yang keluar melalui pelimpah utama untuk  $Q_{1000}$  sebesar 343,13  $m^3/detik$  dan debit  $Q_{PMF}$  sebesar 537,60  $m^3/detik$ , sedangkan debit *outflow* yang keluar melalui pelimpah tambahan untuk debit  $Q_{1000}$  sebesar 4,41  $m^3/detik$  dan debit  $Q_{PMF}$  sebesar 288,63  $m^3/detik$  yang merupakan debit sisa dari pelimpah utama Bendungan Manikin.

#### Skema Alur Pelimpah Tambahan

Dalam *penginputan* data *cross section* dilakukan dari hilir menuju ke hulu dengan angka “1” menunjukan bagian hilir dan angka “44” menunjukan hulu dari pelimpah tambahan tersebut, dimana angka “1” merupakan Sta. 1+120

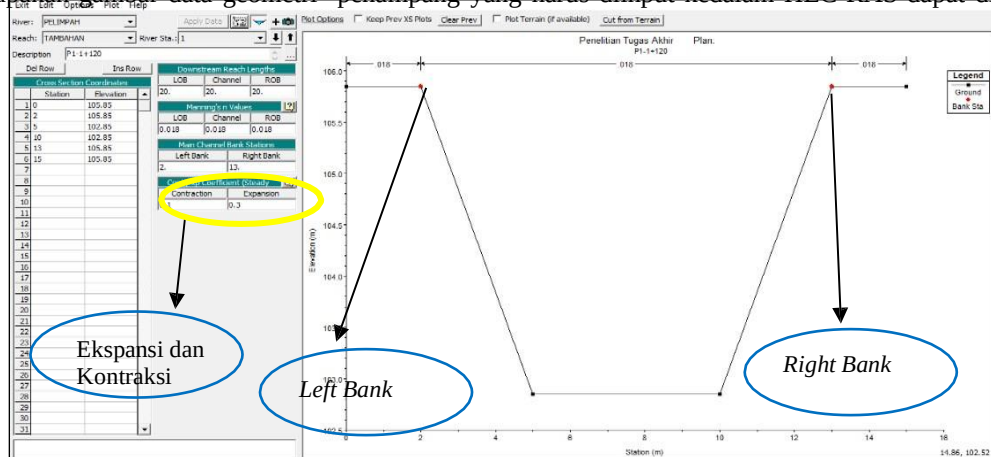
akhir atau P1-1+120 yang terdapat pada Description pada Gambar (4.3), sedangkan angka “44” merupakan Sta.0+060 awal atau P44-0+060.



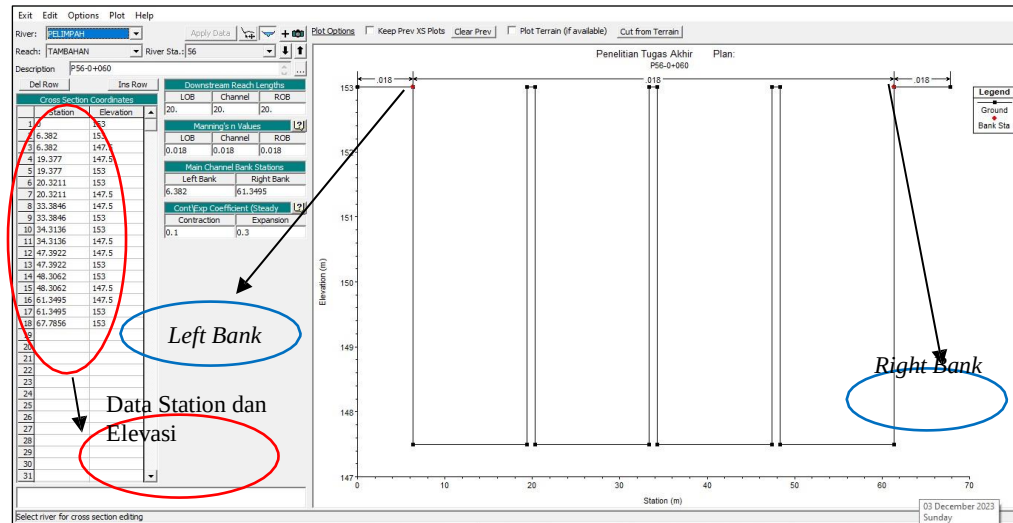
**Gambar 1.** Alur pelimpah tambahan bendungan manikin

#### Data Input Cross Section Pelimpah Tambahan

Berikut merupakan gambar data geometri penampang yang harus diinput kedalam HEC-RAS dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Input data cross section bagian hilir



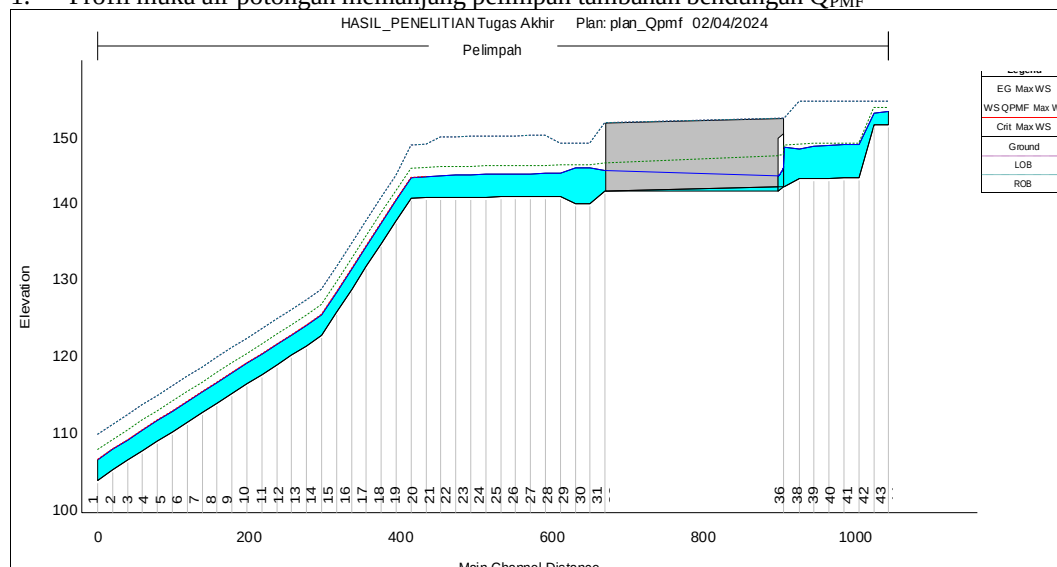
**Gambar 3.** Input data cross section bagian hulu

Data-data yang dimasukan pada input data program hec-ras :

1. River Sta, Nama potongan melintang, diisi dengan angka yang berurutan.
2. Station, Jarak kumulatif antara titik elevasi potongan dari titik dari titik paling pinggir yang bernilai 0.
3. Elevation = Elevasi titik pada station
4. Doenstream reach length, jarak tiap potongan melintang Sungai dengan potongan melintang sebelumnya.
5. Manning's n value, Nilai angka manning saluran
6. Main Channel Bank Station, Station titik saluran utama saluran
7. Cont/Exp Coefficients, Koefisien kontraksi dan ekspansi.

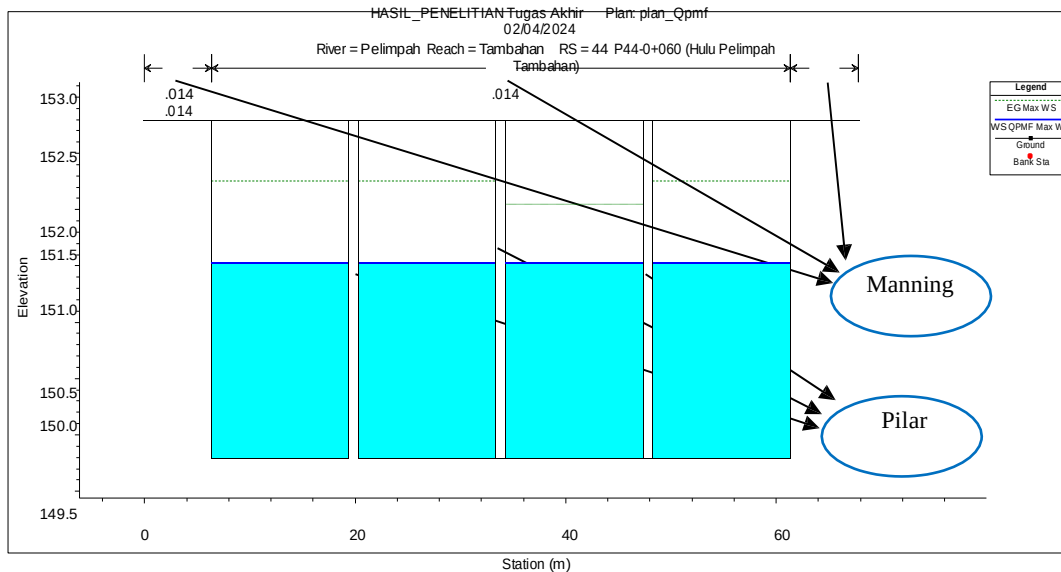
### Hasil Simulasi Program HEC-RAS pada Penampang Pelimpah Tambahan Kondisi Probable Maximum Flood (PMF)

1. Profil muka air potongan memanjang pelimpah tambahan bendungan  $Q_{PMF}$



**Gambar 4.** Profil memanjang muka air untuk pelimpah tambahan kondisi  $Q_{PMF}$

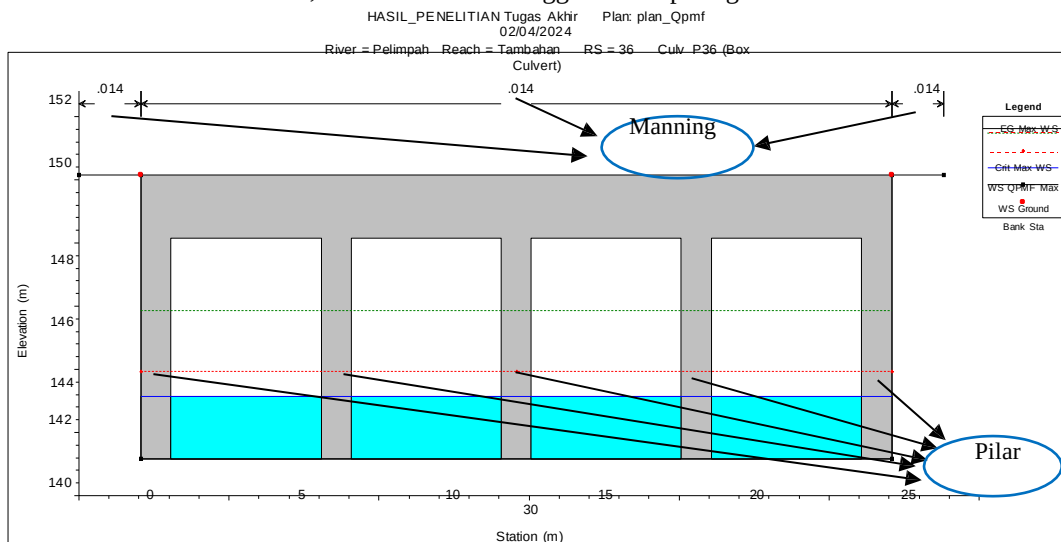
2. Cross section P44-Sta. 0+060 (hulu)  
Pada cross section ini memiliki bentuk penampang persegi yang terdiri dari 4 saluran yang sama dengan beberapa cross section yaitu pada cross section P43-Sta.0+080 sampai cross section P38-Sta.0+183.580 pada gambar 5.



**Gambar 5.** Profil muka air  $Q_{PMF}$  pada cross section P44-Sta. 0+060 (hulu)

### 3. Cross section P36-Sta. 0+240

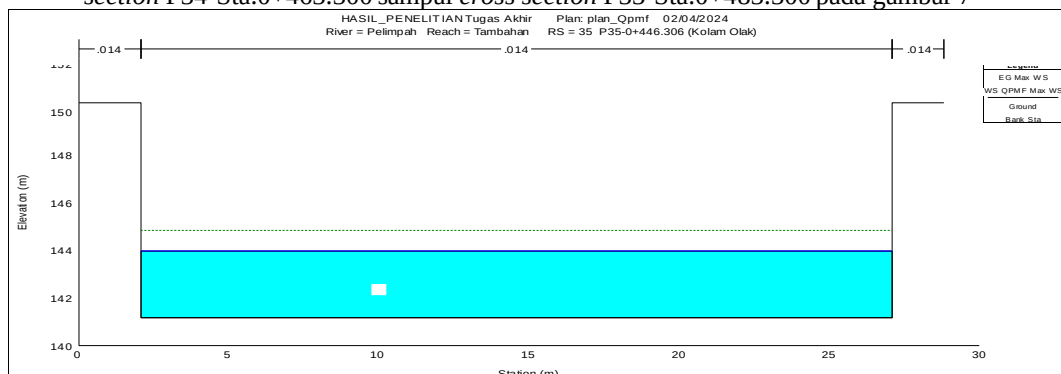
Pada cross section ini merupakan *boxculvert* atau saluran hantar yang terdiri dari 4 saluran, dengan panjang *boxculvert* 240 meter, lebar 5 meter dan tinggi 7 meter pada gambar 6.



**Gambar 6.** Profil muka air  $Q_{PMF}$  pada cross section P36-Sta. 0+240

### 4. Cross section P35-Sta. 0+446.306

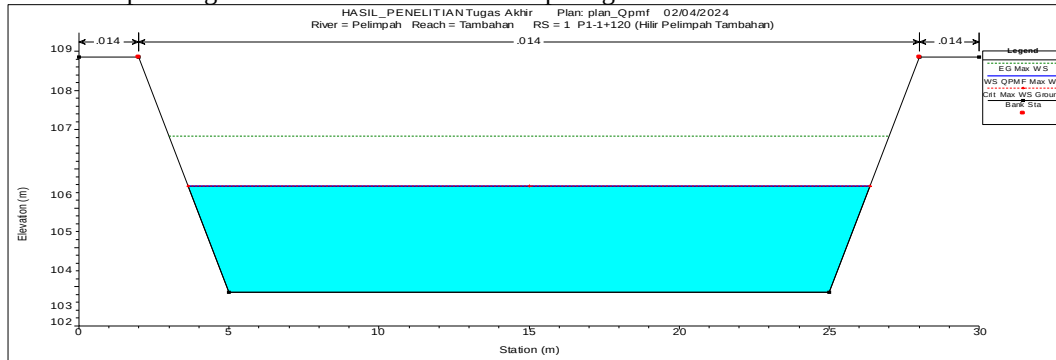
Pada bagian *cross section* ini memiliki bentuk penampang persegi panjang. Pada *cross section* ini juga merupakan kolam olak pelimpah tambahan yang memiliki bentuk penampang yang sama dengan *cross section* P34-Sta.0+463.300 sampai *cross section* P33-Sta.0+483.300 pada gambar 7



**Gambar 7.** Profil muka air  $Q_{PMF}$  pada cross section P35-Sta. 0+446.306

5. *Cross section P1-Sta. 1+120 (hilir)*

Pada *cross section* ini memiliki bentuk penampang trapesium, dimana pada penampang tersebut memiliki bentuk dan dimensi yang sama dengan beberapa *cross section* yaitu dari *cross section* P32-Sta.0+500 sampai dengan *cross section* P2-Sta.1+100 pada gambar 8.



**Gambar 8.** Profil muka air  $Q_{PMF}$  pada cross section P1-Sta. 1+120 (hilir)

Hasil analisis perhitungan HEC-RAS periode ulang maksimum ( $Q_{PMF}$ ) untuk seluruh *cross section* pada penampang pelimpah tambahan bendungan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Analisis Perhitungan HEC-RAS Periode Ulang Maksimum ( $Q_{PMF}$ )

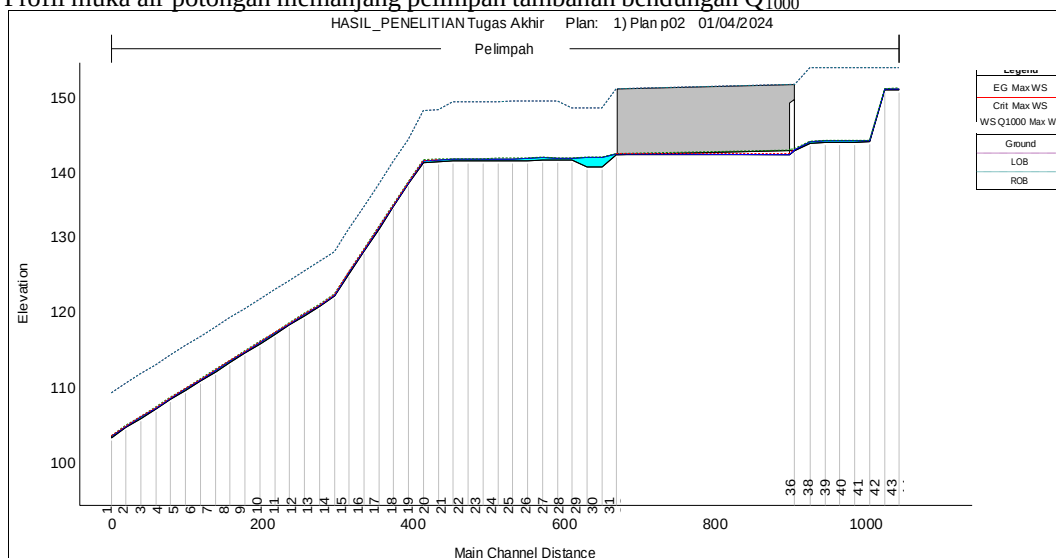
| No | Stasiun<br>Pelimpah<br>Tambahan<br>No. | Debit<br>(Q)<br>Total<br>(m <sup>3</sup> /s) | Elevasi<br>Dasar<br>Saluran<br>(m) | Elevasi<br>Muka<br>Air<br>(m) | Kecepatan<br>Aliran<br>(m/s) |
|----|----------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1  | P44                                    | 288.63                                       | 150.00                             | 151.74                        | 3.18                         |
| 2  | P43                                    | 288.63                                       | 150.00                             | 151.46                        | 3.80                         |
| 3  | P42                                    | 288.63                                       | 142.97                             | 147.35                        | 1.55                         |
| 4  | P41                                    | 288.63                                       | 142.93                             | 147.31                        | 1.76                         |
| 5  | P40                                    | 288.63                                       | 142.88                             | 147.24                        | 2.06                         |
| 6  | P39                                    | 288.63                                       | 142.84                             | 147.11                        | 2.53                         |
| 7  | P38                                    | 288.63                                       | 142.79                             | 146.79                        | 3.42                         |
| 8  | P37                                    | 288.63                                       | 141.75                             | 147.03                        | 2.18                         |
| 9  | P36                                    | 288.63                                       | 141.74                             | 144.51                        | 4.29                         |
| 10 | P35                                    | 288.63                                       | 141.16                             | 143.95                        | 4.14                         |
| 11 | P34                                    | 288.63                                       | 139.50                             | 144.30                        | 2.61                         |
| 12 | P33                                    | 288.63                                       | 139.50                             | 144.29                        | 2.62                         |
| 13 | P32                                    | 288.63                                       | 140.50                             | 143.58                        | 4.39                         |
| 14 | P31                                    | 288.63                                       | 140.47                             | 143.51                        | 4.49                         |
| 15 | P30                                    | 288.63                                       | 140.45                             | 143.48                        | 4.51                         |
| 16 | P29                                    | 288.63                                       | 140.43                             | 143.45                        | 4.52                         |
| 17 | P28                                    | 288.63                                       | 140.41                             | 143.42                        | 4.54                         |
| 18 | P27                                    | 288.63                                       | 140.39                             | 143.38                        | 4.57                         |
| 19 | P26                                    | 288.63                                       | 140.37                             | 143.34                        | 4.60                         |
| 20 | P25                                    | 288.63                                       | 140.35                             | 143.29                        | 4.65                         |
| 21 | P24                                    | 288.63                                       | 140.33                             | 143.18                        | 4.81                         |
| 22 | P23                                    | 288.63                                       | 140.31                             | 143.02                        | 5.04                         |
| 23 | P22                                    | 288.63                                       | 140.19                             | 142.90                        | 5.04                         |

|    |     |        |        |        |      |
|----|-----|--------|--------|--------|------|
| 24 | P21 | 288.63 | 137.23 | 139.93 | 5.00 |
| 25 | P20 | 288.63 | 134.20 | 136.90 | 5.00 |
| 26 | P19 | 288.63 | 131.16 | 133.86 | 5.00 |
| 27 | P18 | 288.63 | 128.13 | 130.83 | 5.00 |
| 28 | P17 | 288.63 | 125.09 | 127.79 | 5.00 |
| 29 | P16 | 288.63 | 122.06 | 124.76 | 5.00 |
| 30 | P15 | 288.63 | 120.66 | 123.36 | 5.00 |
| 31 | P14 | 288.63 | 119.40 | 122.10 | 5.00 |
| 32 | P13 | 288.63 | 118.13 | 120.83 | 5.00 |
| 33 | P12 | 288.63 | 116.87 | 119.57 | 5.00 |
| 34 | P11 | 288.63 | 115.60 | 118.30 | 5.00 |
| 35 | P10 | 288.63 | 114.33 | 117.03 | 5.00 |
| 36 | P9  | 288.63 | 113.07 | 115.77 | 5.00 |
| 37 | P8  | 288.63 | 111.80 | 114.50 | 5.00 |
| 38 | P7  | 288.63 | 110.54 | 113.24 | 5.00 |
| 39 | P6  | 288.63 | 109.27 | 111.97 | 5.00 |
| 40 | P5  | 288.63 | 108.00 | 110.70 | 5.00 |
| 41 | P4  | 288.63 | 106.74 | 109.44 | 5.00 |
| 42 | P3  | 288.63 | 105.47 | 108.17 | 5.00 |
| 43 | P2  | 288.63 | 104.21 | 106.92 | 5.00 |
| 44 | P1  | 288.63 | 102.85 | 105.56 | 5.00 |

Berdasarkan hasil simulasi profil muka air aliran tak mantap (*unsteady flow*) untuk kondisi PMF dengan debit maksimum sebesar 288,63 m<sup>3</sup>/detik yang terlihat seperti pada gambar 4 sampai dengan gambar 8 dan pada tabel 1, diketahui bahwa profil muka air banjir yang terjadi pada penampang memanjang dan melintang pelimpah tambahan Bendungan Manikin. Pada bentuk penampang persegi yang terdapat pada *cross section* P44-Sta.0+060 sampai *cross section* P38-Sta.0+183.580 didapatkan tinggi muka air banjir maksimum berada pada elevasi 151,74 m dengan kedalaman air 1,74 m dan muka air minimum berada di elevasi 146,79 m dengan kedalaman air 4,00 m, pada penampang *boxculvert* didapatkan tinggi muka air maksimum berada pada elevasi 144,51 m dengan kedalaman air 2,77 m dan tinggi muka air minimum berada di elevasi 143,14 m dengan kedalaman air 1,98 m, pada penampang persegi panjang tinggi muka air berada di elevasi elevasi 144,30 m dengan kedalaman air 4,80 m, sedangkan tinggi muka air minimum berada di elevasi 143,95 m dengan kedalaman air 2,79 m, dan pada penampang trapesium pelimpah tambahan muka air banjir berada pada elevasi 143,58 m dengan kedalaman air 3,08 m, sedangkan tinggi minimum muka air banjir berada pada elevasi 105,56 m dengan kedalaman air 2,71 m. kecepatan rata-rata yang didapatkan sebesar 5,00 m/s.

### Hasil Simulasi Program HEC-RAS pada Penampang Pelimpah Tambahan Kondisi Kala Ulang 1000 Tahun ( $Q_{1000}$ )

#### 1. Profil muka air potongan memanjang pelimpah tambahan bendungan $Q_{1000}$

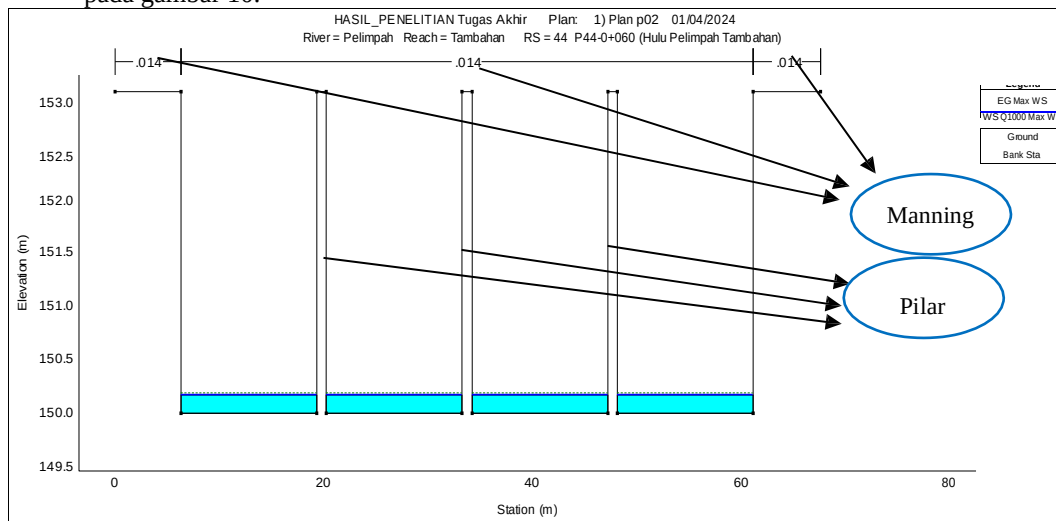


**Gambar 9.** Profil memanjang muka air untuk pelimpah tambahan kondisi  $Q_{1000}$



### 1. Cross section P44-Sta. 0+060 (hulu)

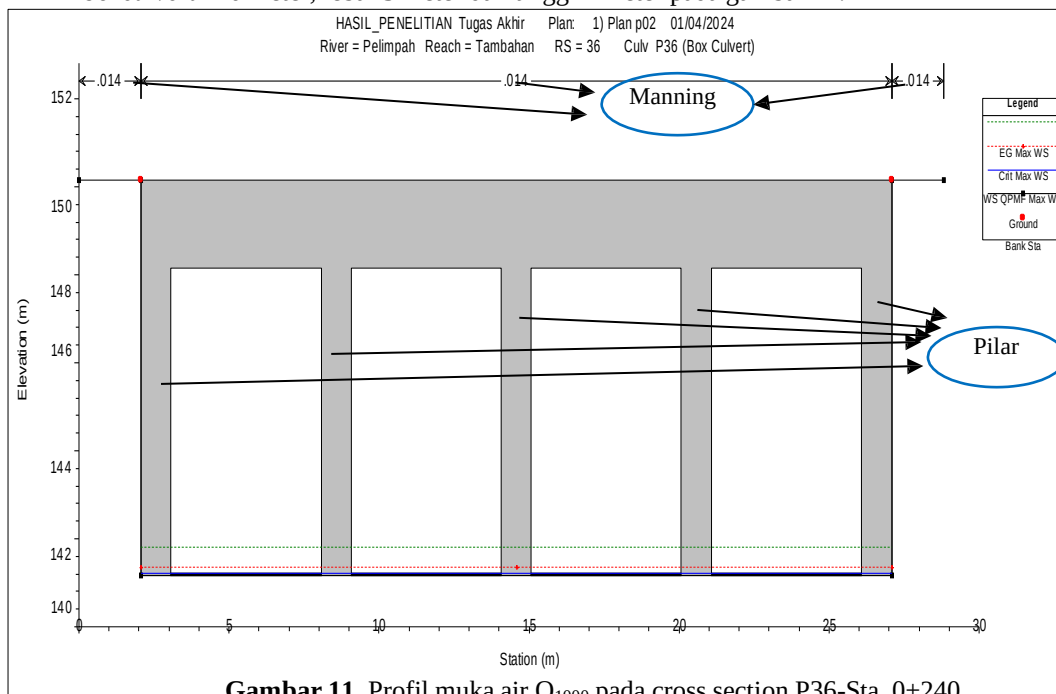
Pada *cross section* ini memiliki bentuk penampang persegi yang terdiri dari 4 saluran yang sama dengan beberapa *cross section* yaitu pada *cross section* P43-Sta.0+080 sampai *cross section* P38-Sta.0+183.580 pada gambar 10.



**Gambar 10.** Profil muka air  $Q_{1000}$  pada cross section P44-Sta. 0+060 (hulu)

### 2. Cross section P36-Sta. 0+240

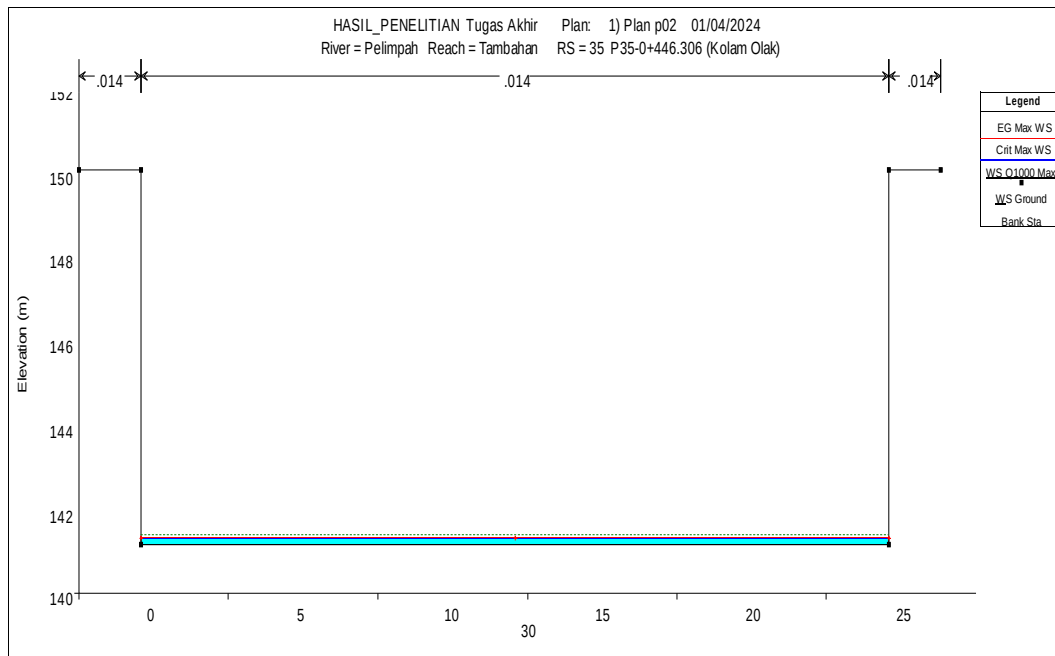
Pada *cross section* ini merupakan *boxculvert* atau saluran hantar yang terdiri dari 4 saluran, dengan panjang *boxculvert* 240 meter, lebar 5 meter dan tinggi 7 meter pada gambar 11.



**Gambar 11.** Profil muka air  $Q_{1000}$  pada cross section P36-Sta. 0+240

### 3. Cross section P35-Sta. 0+446.306

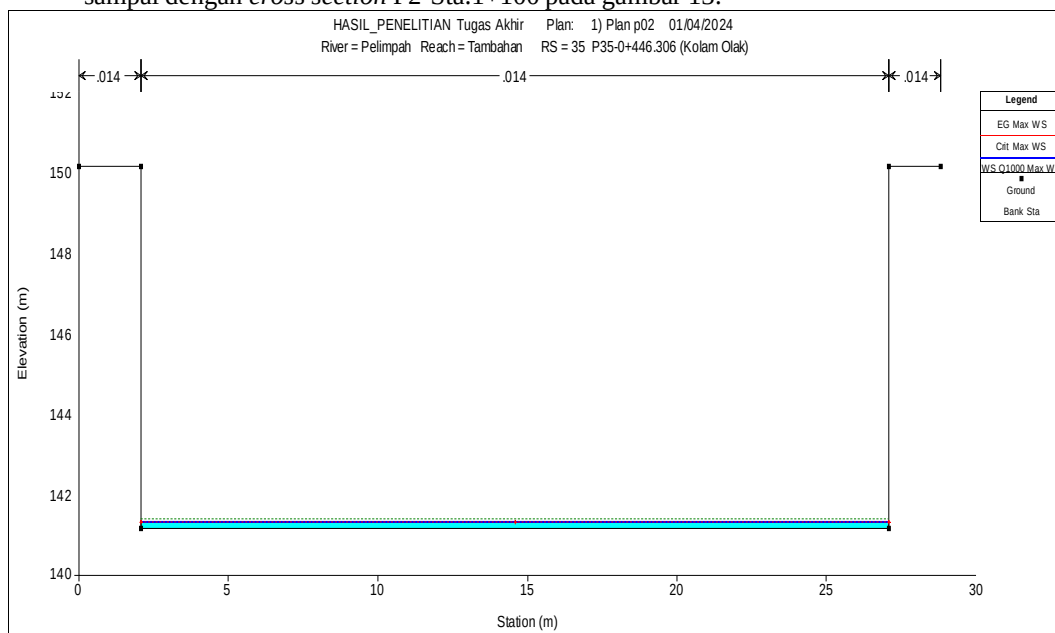
Pada bagian *cross section* ini memiliki bentuk penampang persegi panjang. Pada *cross section* ini juga merupakan kolam olak pelimpah tambahan yang memiliki bentuk penampang yang sama dengan *cross section* P34-Sta.0+463.300 sampai *cross section* P33-Sta.0+483.300 pada gambar 12.



**Gambar 12.** Profil muka air  $Q_{1000}$  pada cross section P35-Sta. 0+446.306

#### 4. Cross section P1-Sta. 1+120 (hilir)

Pada *cross section* ini memiliki bentuk penampang trapesium, dimana pada penampang tersebut memiliki bentuk dan dimensi yang sama dengan beberapa *cross section* yaitu dari *cross section* P32-Sta.0+500 sampai dengan *cross section* P2-Sta.1+100 pada gambar 13.



**Gambar 13.** Profil muka air  $Q_{1000}$  pada cross section P1-Sta. 1+120 (hilir)

Hasil analisis perhitungan HEC-RAS periode ulang 1000 tahun ( $Q_{1000}$ ) untuk seluruh *cross section* pada penampang pelimpah tambahan bendungan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Perhitungan HEC-RAS Periode Ulang 1000 Tahun ( $Q_{1000}$ )

| No | Stasiun<br>Pelimpah<br>Tambahan | Debit<br>(Q)<br>Total<br>(m <sup>3</sup> /s) | Elevasi<br>Dasar<br>Saluran<br>(m) | Elevasi<br>Muka<br>Air<br>(m) | Kecepatan<br>Aliran<br>(m/s) |
|----|---------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1  | P44                             | 4.41                                         | 150.00                             | 150.18                        | 0.48                         |
| 2  | P43                             | 4.41                                         | 150.00                             | 150.09                        | 0.94                         |
| 3  | P42                             | 4.41                                         | 142.97                             | 143.12                        | 0.69                         |
| 4  | P41                             | 4.41                                         | 142.93                             | 143.12                        | 0.01                         |
| 5  | P40                             | 4.41                                         | 142.88                             | 143.08                        | 0.68                         |
| 6  | P39                             | 4.41                                         | 142.84                             | 143.06                        | 0.73                         |
| 7  | P38                             | 4.41                                         | 142.79                             | 142.95                        | 1.28                         |
| 8  | P37                             | 4.41                                         | 141.75                             | 141.96                        | 0.82                         |
| 9  | P36                             | 4.41                                         | 141.74                             | 141.91                        | 1.35                         |
| 10 | P35                             | 4.41                                         | 141.16                             | 141.31                        | 1.20                         |
| 11 | P34                             | 4.41                                         | 139.50                             | 140.80                        | 0.15                         |
| 12 | P33                             | 4.41                                         | 139.50                             | 140.80                        | 0.15                         |
| 13 | P32                             | 4.41                                         | 140.50                             | 140.74                        | 0.92                         |
| 14 | P31                             | 4.41                                         | 140.47                             | 140.72                        | 0.88                         |
| 15 | P30                             | 4.41                                         | 140.45                             | 140.81                        | 0.01                         |
| 16 | P29                             | 4.41                                         | 140.43                             | 140.68                        | 0.88                         |
| 17 | P28                             | 4.41                                         | 140.41                             | 140.66                        | 0.88                         |
| 18 | P27                             | 4.41                                         | 140.39                             | 140.64                        | 0.89                         |
| 19 | P26                             | 4.41                                         | 140.37                             | 140.62                        | 0.89                         |
| 20 | P25                             | 4.41                                         | 140.35                             | 140.60                        | 0.89                         |
| 21 | P24                             | 4.41                                         | 140.33                             | 140.57                        | 0.90                         |
| 22 | P23                             | 4.41                                         | 140.31                             | 140.48                        | 1.29                         |
| 23 | P22                             | 4.41                                         | 140.19                             | 140.36                        | 1.29                         |
| 24 | P21                             | 4.41                                         | 137.23                             | 137.40                        | 1.29                         |
| 25 | P20                             | 4.41                                         | 134.20                             | 134.37                        | 1.29                         |
| 26 | P19                             | 4.41                                         | 131.16                             | 131.33                        | 1.29                         |
| 27 | P18                             | 4.41                                         | 128.13                             | 128.30                        | 1.29                         |
| 28 | P17                             | 4.41                                         | 125.09                             | 125.26                        | 1.29                         |
| 29 | P16                             | 4.41                                         | 122.06                             | 122.23                        | 1.29                         |
| 30 | P15                             | 4.41                                         | 120.66                             | 120.83                        | 1.29                         |
| 31 | P14                             | 4.41                                         | 119.40                             | 119.57                        | 1.29                         |
| 32 | P13                             | 4.41                                         | 118.13                             | 118.30                        | 1.29                         |
| 33 | P12                             | 4.41                                         | 116.87                             | 117.04                        | 1.29                         |
| 34 | P11                             | 4.41                                         | 115.60                             | 115.77                        | 1.29                         |
| 35 | P10                             | 4.41                                         | 114.33                             | 114.50                        | 1.29                         |
| 36 | P9                              | 4.41                                         | 113.07                             | 113.24                        | 1.29                         |
| 37 | P8                              | 4.41                                         | 111.80                             | 111.97                        | 1.29                         |
| 38 | P7                              | 4.41                                         | 110.54                             | 110.71                        | 1.29                         |
| 39 | P6                              | 4.41                                         | 109.27                             | 109.44                        | 1.29                         |
| 40 | P5                              | 4.41                                         | 108.00                             | 108.17                        | 1.29                         |
| 41 | P4                              | 4.41                                         | 106.74                             | 106.91                        | 1.29                         |
| 42 | P3                              | 4.41                                         | 105.47                             | 105.64                        | 1.29                         |
| 43 | P2                              | 4.41                                         | 104.21                             | 104.38                        | 1.29                         |
| 44 | P1                              | 4.41                                         | 102.85                             | 103.02                        | 1.29                         |

Berdasarkan hasil simulasi profil muka air aliran tak mantap (*unsteady flow*) untuk kondisi  $Q_{1000}$  dengan debit maksimum sebesar 4,41 m<sup>3</sup>/detik yang terlihat seperti pada gambar 9 sampai dengan gambar 13 dan pada tabel 2, diketahui bahwa profil muka air banjir yang terjadi pada penampang memanjang dan melintang pelimpah tambahan Bendungan Manikin. Pada bentuk penampang persegi yang terdapat pada *cross section* P44-Sta.0+060 sampai *cross section* P38-Sta.0+183.580 didapatkan tinggi muka air banjir maksimum berada pada elevasi 150,18 m dengan kedalaman air sebesar 0,18 m, dan tinggi muka air banjir minimum berada pada elevasi 142,95 m dengan kedalaman air 0,16 m, pada penampang *boxculvert* tinggi muka air berada di elevasi 141,91 m dengan kedalaman air 0,17 m dan tinggi muka air minimum berada di elevasi 141,23 m dengan kedalaman air 0,07 m, pada penampang persegi panjang

didapatkan tinggi muka air banjir berada pada elevasi 141,31 m dengan kedalaman air 0,15 m, sedangkan tinggi muka air minimum berada di elevasi 140,80 m dengan kedalaman air 1,30 m, dan pada penampang trapesium profil tinggi muka air banjir berada pada elevasi 140,81 m dengan kedalaman air 0,36 m, sedangkan tinggi minimum muka air banjir berada di elevasi 103,02 m dengan kedalaman air 0,17 m. Kecepatan rata-rata sebesar 1,29 m/s.

## 5. KESIMPULAN

Hasil simulasi profil muka air pada pelimpah tambahan Bendungan Manikin dengan debit *Probable Maximum Flood* PMF atau  $Q_{PMF}$  diperoleh profil tinggi muka air banjir maksimum pada penampang persegi berada di elevasi 151,74 m dengan kedalaman air 1,74 m dan muka air minimum berada di elevasi 146,79 m kedalaman air 4,00 m, penampang *boxculvert* tinggi muka air berada di elevasi 144,51 m kedalaman air 2,77 m dan tinggi muka air minimum berada di elevasi 143,14 m kedalaman air 1,98 m, pada penampang persegi panjang berada pada elevasi 144,30 m kedalaman air 4,80 m, sedangkan tinggi muka air minimum berada di elevasi 143,95 m kedalaman air 2,79 m, dan pada penampang trapesium berada di elevasi 143,58 m kedalaman air 3,08 m, sedangkan tinggi minimum muka air banjir berada pada elevasi 105,56 m kedalaman air 2,71 m. Sedangkan untuk kala ulang  $Q_{1000}$  tahun sebesar 4,41 m<sup>3</sup>/detik diperoleh tinggi muka air maksimum pada penampang persegi berada di elevasi 150,18 m kedalaman air 0,18 m, dan tinggi muka air banjir minimum berada pada elevasi 142,95 m kedalaman air 0,16 m, pada penampang *boxculvert* tinggi muka air berada di elevasi 141,91 m kedalaman air 0,17 m dan tinggi muka air minimum berada di elevasi 141,23 m kedalaman air 0,07 m, untuk penampang persegi panjang didapatkan tinggi muka air banjir berada pada elevasi 141,31 m kedalaman air 0,15 m, sedangkan tinggi muka air minimum berada di elevasi 140,80 m kedalaman air 1,30 m, dan pada penampang trapesium profil tinggi muka air banjir berada pada elevasi 140,81 m kedalaman air 0,36 m dan tinggi minimum muka air banjir berada di elevasi 103,02 m kedalaman air 0,17 m. Kecepatan rata-rata aliran dengan debit  $Q_{PMF}$  sebesar 5,00 m/s dan debit  $Q_{1000}$  kecepatan rata-rata sebesar 1,29 m/s.

## DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, B. (1993). *Hidraulika I*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Orfa, Louriana Evanale dkk. (2018). *Permodelan Aliran di Pelimpah Bendungan Menggunakan Program Hec-Ras. Seminar Nasional Teknik Sipil dan Perencanaan (SEMSINA) 2018*. Malang.
- Saridewi, Ratih N. 2022. *Modul Pelatihan Software Hec-Ras 4.1*.
- Istiarto. 2014. *Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika Hec-Ras*. Modul Pelatihan *Simple Geometry River*. Yogyakarta.
- Ismawati, Sintya Maghfira, and Umboro Lasminto. 2017. "Pemodelan Aliran 1D Pada Bendungan Tugu Menggunakan Software HEC-RAS."
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2013. "Standar Perencanaan Irigasi."
- Orfa, Lourina Evanale, and Chairil Saleh. 2019. "Model Pelimpah Samping Bendungan Bajulmati Menggunakan Lateral Structure Pada Program Hec-Ras Bajulmati Dam Side Spillway Model Uses Lateral Structure in the Hec-Ras Program."
- PT. Indra Karya Persero. "Sertifikasi Desain Dan Model Test Bendungan Tefmo / Manikin Kabupaten Kupang."