

BAB IV

PEMBAHASAN

A. Analisis Hidrologi

1. Data Hujan yang Digunakan

Curah hujan yang diperlukan untuk perencanaan dam pengendali sedimen adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada satu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau curah hujan daerah dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 2003).

Data curah hujan diambil dari stasiun yang terdekat atau berada di wilayah Daerah Irigasi Bendung Pijenan, yaitu Stasiun Sapon. Data curah yang tersedia 10 tahunan. Metode yang digunakan adalah metode pemilihan nilai terbesar (maksimum), karena hanya menggunakan satu stasin hujan.

Analisis dimaksudkan untuk mendapatkan besarnya curah hujan rerata pada DAS atau *catchment area* dari beberapa stasiun pencatat hujan di sekelilingnya. Data hujan yang digunakan untuk masing masing DAS tidak sama kerana lokasi DAS dan lokasi stasiun hujan yang digunakan tidak pada lokasi yang berdekatan. Hasil perhitungan luas poligon thiessen yang digunakan dalam perhitungan disajikan pada gambar poligon thiessen dibawah. Perhitungan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Bobot/Koefisien Thiessen

| No | Nama Stasiun | Luas Stasiun km ² | Presentasi (%) |
|----|---------------------|------------------------------|----------------|
| 1 | ST. Jumprit | 52,28 | 2,37 |
| 2 | ST. Jumo | 63,27 | 2,87 |
| 3 | ST. Kandangan | 123,99 | 5,63 |
| 4 | ST. Pakisdadi | 122,19 | 5,55 |
| 5 | ST. Grabag | 86,11 | 3,91 |
| 6 | ST. Ngablak | 52,68 | 2,39 |
| 7 | ST. Kintelan | 86,03 | 3,90 |
| 8 | ST. Badran | 94,37 | 4,28 |
| 9 | ST. Temanggung | 58,92 | 2,67 |
| 10 | ST. Kebraman | 104,73 | 4,75 |
| 11 | ST. Parakan | 31,33 | 1,42 |
| 12 | ST. Ngadirejo | 57,86 | 2,63 |
| 13 | ST. Babadan | 82,05 | 3,72 |
| 14 | ST. Dukun | 88,36 | 4,01 |
| 15 | ST. Kaliangkrik | 86,42 | 3,92 |
| 16 | ST. Kalegen | 77,55 | 3,52 |
| 17 | ST. Magelang | 136,21 | 6,18 |
| 18 | ST. Muntilan | 97,39 | 4,42 |
| 19 | ST. Ledoknongko | 44,63 | 2,03 |
| 20 | ST. Jetis | 46,84 | 2,13 |
| 21 | ST. Kalibawang | 97,99 | 4,45 |
| 22 | ST. Mendut | 50,02 | 2,27 |
| 23 | ST. Salaman | 78,50 | 3,56 |
| 24 | ST. Kaliloro | 60,04 | 2,73 |
| 25 | ST. Borobudur | 59,90 | 2,72 |
| 26 | ST. Kenteng | 109,68 | 4,98 |
| 27 | ST. Godean | 58,98 | 2,68 |
| 28 | ST. Patukan/Gamping | 10,59 | 0,48 |
| 29 | ST. Kalijoho | 71,90 | 3,26 |
| 30 | ST. Gembongan | 12,68 | 0,58 |
| | Jumlah | 2203,48 | 100 |

2. Analisis Curah Hujan

Curah hujan yang diperlukan untuk perencanaan dam pengendali sedimen adalah curah hujan rata – rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada satu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau curah hujan daerah dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 2003).

Data curah hujan diambil dari stasiun yang terdekat atau berada di wilayah Daerah Irigasi Bendung Pijenan, yaitu Stasiun Sapon. Data curah yang tersedia 12 tahun, dan metode yang digunakan adalah metode pemilihan nilai terbesar (maksimum), karena hanya menggunakan satu stasiun hujan. Data hujan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Curah Hujan Harian Maksimum

| Ringkasan Curah Hujan Maksimum ST. Sapon | | |
|---|-------|------------------|
| No | Tahun | Curah Hujan (mm) |
| 1 | 2002 | 34,98 |
| 2 | 2003 | 46,97 |
| 3 | 2004 | 36,58 |
| 4 | 2005 | 33,61 |
| 5 | 2006 | 38,97 |
| 6 | 2007 | 40,11 |
| 7 | 2008 | 41,5 |
| 8 | 2009 | 36,33 |
| 9 | 2010 | 52,6 |
| 10 | 2011 | 35,73 |
| 11 | 2012 | 56,51 |
| 12 | 2013 | 49,78 |

3. Analisis Frekuensi

Ada beberapa jenis distribusi statistik yang dapat dipakai untuk menentukan besarnya curah hujan rencana, seperti distribusi Gumbel, Log Pearson III, Log Normal, dan beberapa cara lain. Metode-metode ini harus diuji mana yang bisa dipakai dalam perhitungan. Berikut adalah perhitungan analisis frekuensi Normal, Log Pearson dan Gumbel:

a. Analisis Frekuensi Normal

Tabel 4. Metode Frekuensi Normal

| No | Tahun | xi | (xi-x) | (xi-x)^2 | (xi-x)^3 | (xi-x)^4 |
|---------------|-------|---------------|------------|--------------|---------------|----------------|
| 1 | 2002 | 34,98 | -7,0 | 48,9 | -341,9 | 2390,7 |
| 2 | 2003 | 46,97 | 5,0 | 25,0 | 124,8 | 623,8 |
| 3 | 2004 | 36,58 | -5,4 | 29,1 | -156,8 | 845,6 |
| 4 | 2005 | 33,61 | -8,4 | 69,9 | -584,8 | 4890,4 |
| 5 | 2006 | 38,97 | -3,0 | 9,0 | -27,1 | 81,3 |
| 6 | 2007 | 40,11 | -1,9 | 3,5 | -6,5 | 12,0 |
| 7 | 2008 | 41,50 | -0,5 | 0,2 | -0,1 | 0,0 |
| 8 | 2009 | 36,33 | -5,6 | 31,8 | -179,6 | 1013,6 |
| 9 | 2010 | 52,60 | 10,6 | 112,9 | 1200,3 | 12756,3 |
| 10 | 2011 | 35,73 | -6,2 | 39,0 | -243,3 | 1518,6 |
| 11 | 2012 | 56,51 | 14,5 | 211,3 | 3072,3 | 44664,1 |
| 12 | 2013 | 49,78 | 7,8 | 61,0 | 475,9 | 3715,8 |
| Jumlah | | 503,67 | 0,0 | 641,6 | 3333,3 | 72512,2 |

$$\text{Rata Rata} = x = \frac{503,67}{12} = 41,97$$

$$\text{Standar Deviasi} = = 7,637$$

$$\text{Koefisien Skewness} = Cs = 0,816$$

$$\text{Koefisien Kurtosis} = 3,099$$

b. Analisis frekuensi Log Pearson III

Tabel 5. Metode Frekuensi Log Pearson III

| No | Tahun | xi | Log xi | (Log xi - Log x) | (Log xi - Log x)^2 | (Log xi - Log x)^3 | (Log xi - Log x)^4 |
|---------------|-------|---------------|--------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 2002 | 34,98 | 1,54 | -0,07 | 0,00532 | -0,0003877 | 0,0000283 |
| 2 | 2003 | 46,97 | 1,67 | 0,06 | 0,00303 | 0,0001671 | 0,0000092 |
| 3 | 2004 | 36,58 | 1,56 | -0,05 | 0,00286 | -0,0001531 | 0,0000082 |
| 4 | 2005 | 33,61 | 1,53 | -0,09 | 0,00815 | -0,0007356 | 0,0000664 |
| 5 | 2006 | 38,97 | 1,59 | -0,03 | 0,00068 | -0,0000176 | 0,0000005 |
| 6 | 2007 | 40,11 | 1,60 | -0,01 | 0,00018 | -0,0000025 | 0,0000000 |
| 7 | 2008 | 41,50 | 1,62 | 0,00 | 0,00000 | 0,0000000 | 0,0000000 |
| 8 | 2009 | 36,33 | 1,56 | -0,06 | 0,00319 | -0,0001801 | 0,0000102 |
| 9 | 2010 | 52,60 | 1,72 | 0,10 | 0,01087 | 0,0011329 | 0,0001181 |
| 10 | 2011 | 35,73 | 1,55 | -0,06 | 0,00406 | -0,0002585 | 0,0000165 |
| 11 | 2012 | 56,51 | 1,75 | 0,14 | 0,01833 | 0,0024816 | 0,0003360 |
| 12 | 2013 | 49,78 | 1,70 | 0,08 | 0,00645 | 0,0005181 | 0,0000416 |
| Jumlah | | 503,67 | 19,40 | 0,00 | 0,06 | 0,0025649 | 0,0006349 |

$$\text{Rata Rata} = \text{Log } x = \frac{19.40}{12} = 1.62$$

$$\text{Standar Deviasi} = = 0.076$$

$$\text{Koefisien Skewness} = \text{Cs} = 0.644$$

$$\text{Koefisien Kurtosis} = \text{Ck} = 2.805$$

$$\text{Koefisien Variasi} = \text{Cv} = 0.047$$

c. Analisis frekuensi Gumbel

Tabel 6. Metode Frekuensi Gumbel

| No | Tahun | Xi | (n+1)/m | Xi-x | (Xi-x) ² | (Xi-x) ³ | (Xi-x) ⁴ | Xi ² |
|--------|-------|--------|---------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| 1 | 2002 | 34,98 | | -6,99 | 48,90 | -341,90 | 2390,73 | 1223,60 |
| 2 | 2003 | 46,97 | | 5,00 | 24,98 | 124,81 | 623,75 | 2206,18 |
| 3 | 2004 | 36,58 | | -5,39 | 29,08 | -156,81 | 845,59 | 1338,10 |
| 4 | 2005 | 33,61 | | -8,36 | 69,93 | -584,80 | 4890,40 | 1129,63 |
| 5 | 2006 | 38,97 | | -3,00 | 9,02 | -27,07 | 81,27 | 1518,66 |
| 6 | 2007 | 40,11 | | -1,86 | 3,47 | -6,46 | 12,03 | 1608,81 |
| 7 | 2008 | 41,50 | | -0,47 | 0,22 | -0,11 | 0,05 | 1722,25 |
| 8 | 2009 | 36,33 | | -5,64 | 31,84 | -179,64 | 1013,65 | 1319,87 |
| 9 | 2010 | 52,60 | | 10,63 | 112,94 | 1200,31 | 12756,29 | 2766,76 |
| 10 | 2011 | 35,73 | | -6,24 | 38,97 | -243,26 | 1518,57 | 1276,63 |
| 11 | 2012 | 56,51 | | 14,54 | 211,34 | 3072,34 | 44664,13 | 3193,38 |
| 12 | 2013 | 49,78 | | 7,81 | 60,96 | 3715,76 | 3715,76 | 2478,05 |
| Jumlah | | 503,67 | 0,00 | | 641,63 | 6573,17 | 72512,23 | 21781,92 |

$$\text{Rata Rata} = x = \frac{503.67}{12} = 41.97$$

$$\text{Standar Deviasi} = S = 7.64$$

$$\text{Koefisien Skewness} = \text{Cs} = 1.61$$

$$\text{Koefisien Kurtosis} = \text{Ck} = 3.10$$

Setelah menghitung distribusi frekuensi dilakukannya pemilihan jenis sebaran. Pemilihan jenis sebaran dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pemilihan Jenis Sebaran

| No | Jenis Distribusi | Syarat | Hitungan | Keterangan |
|----|----------------------|-------------------|----------|---------------------------|
| 1 | Dist. Gumbel | $C_k \leq 5,4002$ | 3,100 | Tidak memenuhi |
| | | $C_s \leq 1,14$ | 1,610 | Tidak memenuhi |
| 2 | Dist. Normal | $C_k \leq 3$ | 3,100 | Tidak memenuhi |
| | | $C_s = 0$ | 0,816 | Mendekati, tidak memenuhi |
| 3 | Dist. Log Person III | $C_s \neq 0$ | 0,644 | Memenuhi, Dipakai |

Berdasarkan perbandingan syarat dan hasil hitungan frekuensi, digunakannya distribusi Log Pearson III karena memenuhi persyaratan.

4. Uji Keselarasan

Berikut adalah perhitungan uji keselarasan *Chi Square* dan *Smirnov Kolmogorov*.

a. Uji *Chi Square*

**Tabel 8. Perhitungan Uji *Chi Square*
Uji Kecocokan Sebaran dengan *Chi Square***

| NO | TAHUN | R24 Max | Urutan dari yang terkecil |
|----|-------|---------|---------------------------|
| 1 | 2002 | 34,98 | 33,61 |
| 2 | 2003 | 46,97 | 34,98 |
| 3 | 2004 | 36,58 | 35,73 |
| 4 | 2005 | 33,61 | 36,33 |
| 5 | 2006 | 38,97 | 36,58 |
| 6 | 2007 | 40,11 | 38,97 |
| 7 | 2008 | 41,50 | 40,11 |
| 8 | 2009 | 36,33 | 41,50 |
| 9 | 2010 | 52,60 | 46,97 |
| 10 | 2011 | 35,73 | 49,78 |
| 11 | 2012 | 56,51 | 52,60 |
| 12 | 2013 | 49,78 | 56,51 |
| | | | 473,67 |

| Batas kelas | Kelas |
|---------------|-------|
| 33.61 - 36.58 | 1 |
| 36.58-41.50 | 2 |
| 41.50-46.97 | 3 |
| 46.97-49.78 | 4 |
| 49.78-56.51 | 5 |

| No | Batas Kelas | Frekuensi Pengamatan (OF) | EF | (EF - OF) | F2 (X) |
|----|---------------|---------------------------|-----|-----------|--------|
| 1 | 33.61 - 36.58 | 5 | 2.4 | 2.60 | 2.82 |
| 2 | 36.58-41.50 | 3 | 2.4 | 0.60 | 0.15 |
| 3 | 41.50-46.97 | 1 | 2.4 | -1.40 | 0.82 |
| 4 | 46.97-49.78 | 1 | 2.4 | -1.40 | 0.82 |
| 5 | 49.78-56.51 | 2 | 2.4 | -0.40 | 0.07 |
| | | 12 | 12 | | 4.67 |

$$\text{SYARAT} = X(\text{HITUNG}) < X(\text{TABEL})$$

$$X(\text{TABEL}) = 5.99148$$

$$X(\text{HITUNG}) = 4.67$$

$$\text{STATUS} = \text{MEMENUHI}$$

b. Uji *Smirnov kolmogorof*

Tabel 9. Perhitungan Uji Distribusi dengan *Smirnov Kolmogorof*

| No | CH | P(x) | P(x<) | f(t) | P'(x) | P'(x<) | D |
|--------|---------------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 1 | 33,61 | 0,077 | 0,923 | -0,569 | 0,091 | 0,909 | 0,014 |
| 2 | 34,98 | 0,154 | 0,846 | -0,436 | 0,182 | 0,818 | 0,028 |
| 3 | 35,73 | 0,231 | 0,769 | -0,363 | 0,273 | 0,727 | 0,042 |
| 4 | 36,33 | 0,308 | 0,692 | -0,305 | 0,364 | 0,636 | 0,056 |
| 5 | 36,58 | 0,385 | 0,615 | -0,281 | 0,455 | 0,545 | 0,070 |
| 6 | 38,97 | 0,462 | 0,538 | -0,049 | 0,545 | 0,455 | 0,084 |
| 7 | 40,11 | 0,538 | 0,462 | 0,062 | 0,636 | 0,364 | 0,098 |
| 8 | 41,50 | 0,615 | 0,385 | 0,197 | 0,727 | 0,273 | 0,112 |
| 9 | 16,97 | 0,692 | 0,308 | -2,185 | 0,818 | 0,182 | 0,126 |
| 10 | 49,78 | 0,769 | 0,231 | 1,001 | 0,909 | 0,091 | 0,140 |
| 11 | 52,60 | 0,846 | 0,154 | 1,275 | 1,000 | 0,000 | 0,154 |
| 12 | 56,51 | 0,923 | 0,077 | 1,654 | 1,091 | -0,091 | 0,168 |
| Jumlah | 473,67 | | | | | | |
| Rerata | 39,47 | | | | | | |

$$\text{Standar Deviasi} = 10,29909$$

$$\text{Derajat Sig} = 0,05$$

$$\text{Dmaks} = 0,154$$

$$m = 12$$

$$Do \text{ Kritis} = 0,272 \text{ untuk } n = 12$$

$$D_{maks} < Do \text{ Kritis}$$

$$0,154 < 0,272$$

$$\text{Status} = \text{MEMENUHI}$$

Setelah dilakukannya perhitungan uji *Chi Square* dan *Smirnov Kolomogorof*, distribusi Log Pearson III dapat diterima.

5. Analisis Curah Hujan Rencana

Hasil perhitungan untuk hujan rencana dengan menggunakan metode Log Pearson III disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan Curah hujan Rencana dengan Log Pearson III

| NO | TAHUN | xi | Log xi | (Log xi - Log x) | (Log xi - Log x) ² | (Log xi - Log x) ³ | (Log xi - Log x) ⁴ |
|--------|-------|--------|--------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2002 | 34,98 | 1,54 | -0,07 | 0,00532 | -0,0003877 | 0,0000283 |
| 2 | 2003 | 46,97 | 1,67 | 0,06 | 0,00303 | 0,0001671 | 0,0000092 |
| 3 | 2004 | 36,58 | 1,56 | -0,05 | 0,00286 | -0,0001531 | 0,0000082 |
| 4 | 2005 | 33,61 | 1,53 | -0,09 | 0,00815 | -0,0007356 | 0,0000664 |
| 5 | 2006 | 38,97 | 1,59 | -0,03 | 0,00068 | -0,0000176 | 0,0000005 |
| 6 | 2007 | 40,11 | 1,60 | -0,01 | 0,00018 | -0,0000025 | 0,0000000 |
| 7 | 2008 | 41,50 | 1,62 | 0,00 | 0,00000 | 0,0000000 | 0,0000000 |
| 8 | 2009 | 36,33 | 1,56 | -0,06 | 0,00319 | -0,0001801 | 0,0000102 |
| 9 | 2010 | 52,60 | 1,72 | 0,10 | 0,01087 | 0,0011329 | 0,0001181 |
| 10 | 2011 | 35,73 | 1,55 | -0,06 | 0,00406 | -0,0002585 | 0,0000165 |
| 11 | 2012 | 56,51 | 1,75 | 0,14 | 0,01833 | 0,0024816 | 0,0003360 |
| 12 | 2013 | 49,78 | 1,70 | 0,08 | 0,00645 | 0,0005181 | 0,0000416 |
| Jumlah | | 503,67 | 19,40 | 0,00 | 0,06 | 0,0025649 | 0,0006349 |

$$\text{Rata Rata} = \text{Log } x = \frac{19,40}{12} = 1.62$$

$$\text{Standar Deviasi} = = 0.076$$

$$\text{Koefisien Skewness} = C_s = 0.644$$

$$\text{Koefisien Kurtosis} = C_k = 2.805$$

$$\text{Koefisien Variasi} = C_v = 0.047$$

Tabel 11. Perhitungan Faktor Frekuensi

| T | Cs | KT (0,6) | KT (0.644) |
|------|-------|-------------|---------------|
| 2 | 0.644 | -0.099 | -0.106 |
| 5 | 0.644 | 0.800 | 0.859 |
| 10 | 0.644 | 1.380 | 1.481 |
| 25 | 0.644 | 1.930 | 2.072 |
| 50 | 0.644 | 2.350 | 2.522 |
| 100 | 0.644 | 2.750 | 2.952 |
| 200 | 0.644 | 3.130 | 3.360 |
| 1000 | 0.644 | 3.960 | 4.250 |

Tabel 12. Perhitungan Hujan Rencana Log Pearson III

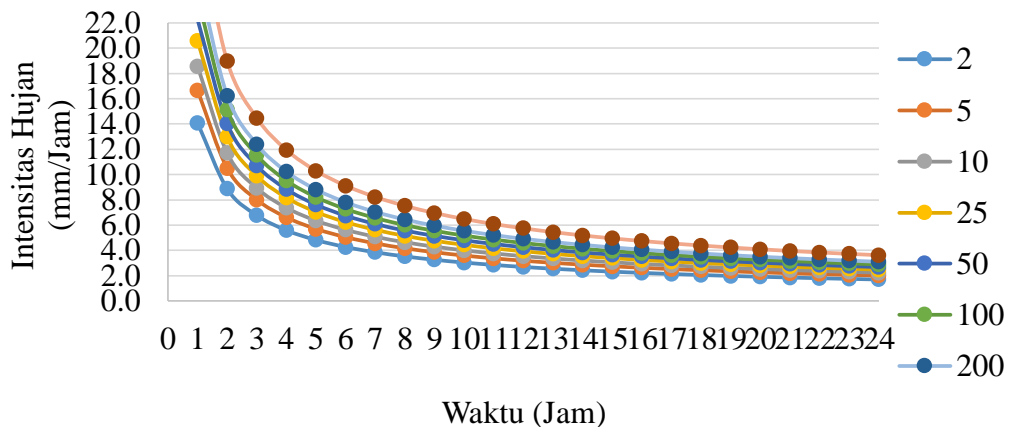
| TAHUN | log X | KT | S log X | Log Xt | Hujan Rencana (XT) |
|-------|-------|--------|----------|----------|--------------------------|
| 2 | 1.62 | -0.106 | 0.075749 | 1.608688 | 40.62 |
| 5 | 1.62 | 0.859 | 0.075749 | 1.68178 | 48.06 |
| 10 | 1.62 | 1.481 | 0.075749 | 1.728937 | 53.57 |
| 25 | 1.62 | 2.072 | 0.075749 | 1.773654 | 59.38 |
| 50 | 1.62 | 2.522 | 0.075749 | 1.807801 | 64.24 |
| 100 | 1.62 | 2.952 | 0.075749 | 1.840323 | 69.23 |
| 200 | 1.62 | 3.360 | 0.075749 | 1.871218 | 74.34 |
| 1000 | 1.62 | 4.250 | 0.075749 | 1.938701 | 86.84 |

6. Perhitungan Intensitas Hujan

Besarnya debit banjir rencana ditentukan oleh intensitas hujan, pada umumnya makin besar intensitas hujannya makin kecil. Jika tidak ada, waktu pengamatan besarnya intensitas hujan yang disebabkan karena keterbatasan alat uji, intensitas hujan dapat dicari dengan cara empiris. Hasil perhitungan intensitas hujan disajikan pada Tabel 13 dengan grafik hubungan intensitas hujan dengan waktu disajikan pada Gambar 3.

Tabel 13. Perhitungan Intensitas Hujan

| Lama Hujan | Intensitas Hujan It (mm/jam) Dengan Periode Ulang (Tr) | | | | | | | |
|------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | R2 | R5 | R10 | R25 | R50 | R100 | R200 | R1000 |
| 1 | 14.080 | 16.661 | 18.572 | 20.587 | 22.271 | 24.002 | 25.772 | 30.104 |
| 2 | 8.870 | 10.496 | 11.700 | 12.969 | 14.030 | 15.120 | 16.235 | 18.965 |
| 3 | 6.769 | 8.010 | 8.929 | 9.897 | 10.707 | 11.539 | 12.390 | 14.473 |
| 4 | 5.588 | 6.612 | 7.370 | 8.170 | 8.838 | 9.525 | 10.228 | 11.947 |
| 5 | 4.815 | 5.698 | 6.352 | 7.040 | 7.616 | 8.209 | 8.814 | 10.296 |
| 6 | 4.264 | 5.046 | 5.625 | 6.235 | 6.745 | 7.269 | 7.805 | 9.117 |
| 7 | 3.848 | 4.553 | 5.075 | 5.626 | 6.086 | 6.559 | 7.043 | 8.227 |
| 8 | 3.520 | 4.165 | 4.643 | 5.147 | 5.568 | 6.001 | 6.443 | 7.526 |
| 9 | 3.254 | 3.851 | 4.292 | 4.758 | 5.147 | 5.547 | 5.956 | 6.958 |
| 10 | 3.034 | 3.590 | 4.001 | 4.435 | 4.798 | 5.171 | 5.552 | 6.486 |
| 11 | 2.847 | 3.369 | 3.755 | 4.162 | 4.503 | 4.853 | 5.211 | 6.087 |
| 12 | 2.686 | 3.179 | 3.543 | 3.928 | 4.249 | 4.579 | 4.917 | 5.743 |
| 13 | 2.547 | 3.014 | 3.359 | 3.724 | 4.028 | 4.341 | 4.661 | 5.445 |
| 14 | 2.424 | 2.868 | 3.197 | 3.544 | 3.834 | 4.132 | 4.437 | 5.183 |
| 15 | 2.315 | 2.739 | 3.054 | 3.385 | 3.662 | 3.946 | 4.237 | 4.950 |
| 16 | 2.218 | 2.624 | 2.925 | 3.242 | 3.507 | 3.780 | 4.059 | 4.741 |
| 17 | 2.130 | 2.520 | 2.809 | 3.114 | 3.368 | 3.630 | 3.898 | 4.553 |
| 18 | 2.050 | 2.426 | 2.704 | 2.997 | 3.243 | 3.495 | 3.752 | 4.383 |
| 19 | 1.977 | 2.340 | 2.608 | 2.891 | 3.128 | 3.371 | 3.619 | 4.228 |
| 20 | 1.911 | 2.261 | 2.521 | 2.794 | 3.023 | 3.258 | 3.498 | 4.086 |
| 21 | 1.850 | 2.189 | 2.440 | 2.705 | 2.926 | 3.153 | 3.386 | 3.955 |
| 22 | 1.793 | 2.122 | 2.365 | 2.622 | 2.836 | 3.057 | 3.282 | 3.834 |
| 23 | 1.741 | 2.060 | 2.296 | 2.545 | 2.754 | 2.968 | 3.187 | 3.722 |
| 24 | 1.692 | 2.002 | 2.232 | 2.474 | 2.677 | 2.885 | 3.097 | 3.618 |



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Intensitas Hujan Terhadap Waktu

7. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Untuk menghitung debit banjir rencana digunakan hasil perhitungan intensitas hujan. Besarnya debit rencana dapat ditentukan berdasarkan besarnya curah hujan rencana dan karakteristik daerah aliran sungai.

Adapun yang diperlukan adalah:

- a. Luas DAS (A) = 2203.48 km²
- b. Panjang sungai (L) = 138 km
- c. Kemiringan sungai (I) = 0.007

Hasil perhitungan debit banjir rencana adalah sebagai berikut:

1) Metode Rasional

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$I = \frac{R24}{24} \cdot \frac{24^{2/3}}{tc}$$

$$tc = \left(\frac{0.87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0.385}$$

Tabel 14. Perhitungan Debit Banjir Rencana Rasional

| Debit Banjir Metode Rasional | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------|-------|--------|--------|-----------------|---------|--------|-----|---------------------|
| No | Pd. Ulang | R24 | S | L | Area | Tc | I | C | Q |
| | tahun | mm | | m | Km ² | jam | mm/jam | | m ³ /det |
| 1 | 2 | 40.62 | 0.0072 | 138000 | 2380 | 1179.22 | 1.9334 | 0.6 | 767.53 |
| 2 | 5 | 48.06 | 0.0072 | 138000 | 2380 | 1179.22 | 2.2878 | 0.6 | 908.21 |
| 3 | 10 | 53.57 | 0.0072 | 138000 | 2380 | 1179.22 | 2.5502 | 0.6 | 1012.38 |
| 4 | 25 | 59.38 | 0.0072 | 138000 | 2380 | 1179.22 | 2.8268 | 0.6 | 1122.18 |
| 5 | 50 | 64.24 | 0.0072 | 138000 | 2380 | 1179.22 | 3.0580 | 0.6 | 1213.97 |
| 6 | 100 | 69.23 | 0.0072 | 138000 | 2380 | 1179.22 | 3.2958 | 0.6 | 1308.37 |
| 7 | 200 | 74.34 | 0.0072 | 138000 | 2380 | 1179.22 | 3.5388 | 0.6 | 1404.83 |
| 8 | 1000 | 86.84 | 0.0072 | 138000 | 2380 | 1179.22 | 4.1337 | 0.6 | 1641.00 |

2) Metode Rasional Mononobe

$$Q = \frac{C \cdot R \cdot A}{3.6} = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$R = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$$

$$Tc = \frac{L}{W}$$

$$W = 72 \left(\frac{H}{L}\right)^{0.6}$$

Koefisien limpasan (C):

Angka koefisien limpasan merupakan indikator apakah suatu DAS mengalami kendala. Besar kecilnya nilai C tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air. Koefisien limpasan disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Koefisien Limpasan (C)

| No | Tata Guna Lahan | C | Luas | Persentase | C rerata |
|---------------|--------------------|-----|-----------------|------------|-------------|
| | | | km ² | | % |
| 1 | Desa/Pemukiman | 0,6 | 661,04 | 30,0 | 18,0 |
| 2 | Hutan | 0,3 | 396,63 | 18,0 | 5,4 |
| 3 | Semak | 0,4 | 44,07 | 2,0 | 0,8 |
| 4 | Sawah Tadah Hujan | 0,5 | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| 5 | Sawah Teknik | 0,5 | 594,94 | 27,0 | 13,5 |
| 6 | Tegalan / ladang | 0,4 | 264,42 | 12,0 | 4,8 |
| 7 | Kebun / Perkebunan | 0,4 | 242,38 | 11,0 | 4,4 |
| Jumlah | | | 2203,48 | | 46,9 |

Tabel 16. Perhitungan Debit Banjir Rencana Rasional Mononobe

| Debit Banjir Rencana Metode Rasional Mononobe | | | | | | | | | | |
|---|---------------|-------|-----------------|-------|-----|-----|----------|--------|--------|---------------------|
| No | Periode Ulang | tc | A | R24 | L | H | α | w | r | Q |
| | | | | | | | | km/jam | mm/jam | m ³ /det |
| | tahun | jam | km ² | mm | km | km | | | | |
| 1 | 2 | 36.85 | 2380 | 40.62 | 138 | 0.9 | 0.85 | 3.74 | 1.271 | 714.49 |
| 2 | 5 | 36.85 | 2380 | 48.06 | 138 | 0.9 | 0.85 | 3.74 | 1.505 | 845.45 |
| 3 | 10 | 36.85 | 2380 | 53.57 | 138 | 0.9 | 0.85 | 3.74 | 1.677 | 942.42 |
| 4 | 25 | 36.85 | 2380 | 59.38 | 138 | 0.9 | 0.85 | 3.74 | 1.859 | 1044.63 |
| 5 | 50 | 36.85 | 2380 | 64.24 | 138 | 0.9 | 0.85 | 3.74 | 2.011 | 1130.08 |
| 6 | 100 | 36.85 | 2380 | 69.23 | 138 | 0.9 | 0.85 | 3.74 | 2.167 | 1217.95 |
| 7 | 200 | 36.85 | 2380 | 74.34 | 138 | 0.9 | 0.85 | 3.74 | 2.327 | 1307.75 |
| 8 | 1000 | 36.85 | 2380 | 86.84 | 138 | 0.9 | 0.85 | 3.74 | 2.718 | 1527.59 |

3) Metode Haspers

$$Q = \alpha \beta q_n A$$

$$t = 0.25 L Q^{-0.125} . I^{-0.25}$$

$$\beta = \frac{120 + ((t+1)(t+9))A}{120 + A}$$

$$\alpha = 1 - \frac{4.1}{\beta q_n + 7}$$

$$q_n = \frac{67.65}{t + 1.45}$$

Tabel 17. Pehitungan Debit Banjir Rencana Haspers

| Debit Banjir Rencana Metode Hasper | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|-----|-------|------|-------|--------|------|-------|----------|--------------|---------|
| n | R24 | L | S | A | t | Rn | 1/B | betha | α | qn | Q |
| | mm /jam | km | | km2 | jam | mm | | | | m3/ km2/ det | M3/det |
| 2 | 40.62 | 138 | 0.007 | 2380 | 22.82 | 140.15 | 1.04 | 0.96 | 0.21 | 1.7058 | 801.54 |
| 5 | 48.06 | 138 | 0.007 | 2380 | 22.82 | 165.84 | 1.04 | 0.96 | 0.21 | 2.0185 | 948.45 |
| 10 | 53.57 | 138 | 0.007 | 2380 | 22.82 | 184.87 | 1.04 | 0.96 | 0.21 | 2.2500 | 1057.24 |
| 25 | 59.38 | 138 | 0.007 | 2380 | 22.82 | 204.91 | 1.04 | 0.96 | 0.21 | 2.4940 | 1171.90 |
| 50 | 64.24 | 138 | 0.007 | 2380 | 22.82 | 221.68 | 1.04 | 0.96 | 0.21 | 2.6980 | 1267.76 |
| 100 | 69.23 | 138 | 0.007 | 2380 | 22.82 | 238.91 | 1.04 | 0.96 | 0.21 | 2.9078 | 1366.34 |
| 200 | 74.34 | 138 | 0.007 | 2380 | 22.82 | 256.53 | 1.04 | 0.96 | 0.21 | 3.1222 | 1467.08 |
| 1000 | 86.84 | 138 | 0.007 | 2380 | 22.82 | 299.65 | 1.04 | 0.96 | 0.21 | 3.6471 | 1713.70 |

4) Metode der Weduwen

$$Q = \alpha \beta q_n A$$

$$t = 0.25 L Q^{-0.125} . I^{-0.25}$$

$$\beta = \frac{120 + ((t+1)(t+9))A}{120 + A}$$

$$\alpha = 1 - \frac{4.1}{\beta q_n + 7}$$

Tabel 18. Perhitungan Debit Banjir Rencana Der Weduwen

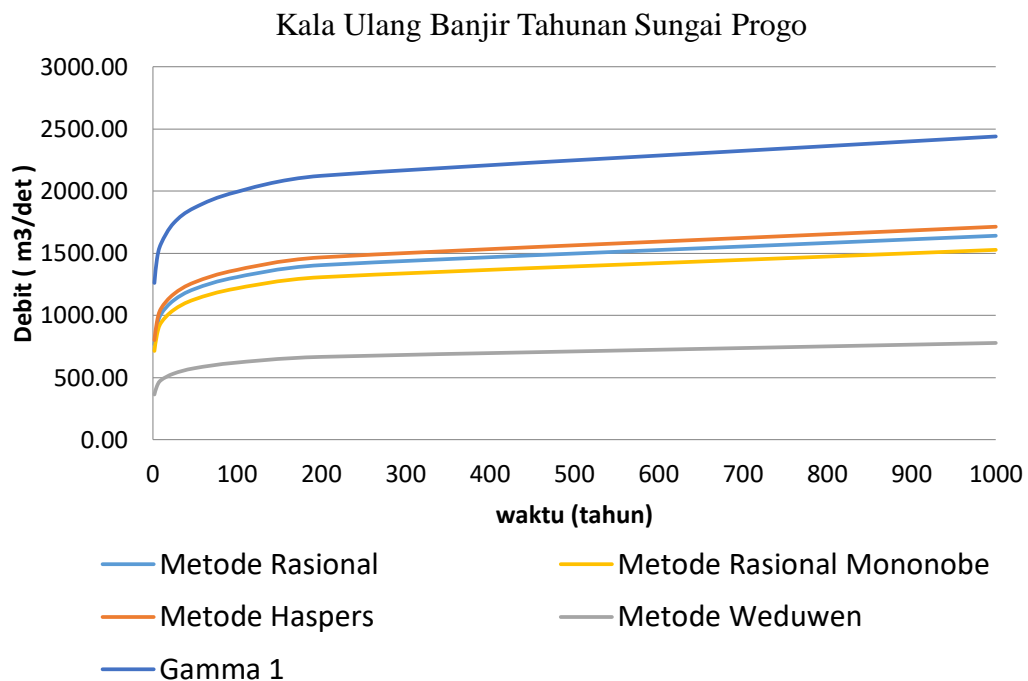
| Debit Banjir Rencana Metode Weduwen | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|-------|-----------------|------------------------|---------|--|----------|---------------------|---------|--------|
| n | R | S | A | t _{perkiraan} | β | qn | α | t _{hitung} | Qt | Q |
| | mm/ jam | | km ² | jam | | m ³ / km ² / det | | jam | | |
| 2 | 40.62 | 0.007 | 2380 | 30.50 | 0.81 | 2.12 | 0.53 | 30.76 | 2152.69 | 364.30 |
| 5 | 48.06 | 0.007 | 2380 | 30.50 | 0.81 | 2.12 | 0.53 | 30.76 | 2152.69 | 431.07 |
| 10 | 53.57 | 0.007 | 2380 | 30.50 | 0.81 | 2.12 | 0.53 | 30.76 | 2152.69 | 480.52 |
| 25 | 59.38 | 0.007 | 2380 | 30.50 | 0.81 | 2.12 | 0.53 | 30.76 | 2152.69 | 532.63 |
| 50 | 64.24 | 0.007 | 2380 | 30.50 | 0.81 | 2.12 | 0.53 | 30.76 | 2152.69 | 576.20 |
| 100 | 69.23 | 0.007 | 2380 | 30.50 | 0.81 | 2.12 | 0.53 | 30.76 | 2152.69 | 621.00 |
| 200 | 74.34 | 0.007 | 2380 | 30.50 | 0.81 | 2.12 | 0.53 | 30.76 | 2152.69 | 666.79 |
| 1000 | 86.84 | 0.007 | 2380 | 30.50 | 0.81 | 2.12 | 0.53 | 30.76 | 2152.69 | 778.88 |

8. Rekapitulasi Data Banjir

Berdasarkan perhitungan debit banjir yang telah dihitung, dibandingkan dengan hasil debit rencana yang digunakan pada perencanaan Bendung dengan hidrograf sintetis Gama 1, maka didapat rekapitulasi debit banjir yang disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19. Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir

| n | Rasional | Rasional mononobe | Hasper | Weduwen | Gama 1 |
|------|----------|-------------------|---------|---------|---------|
| 2 | 767.53 | 714.49 | 801.54 | 364.30 | 1261.36 |
| 5 | 908.21 | 845.45 | 948.45 | 431.07 | 1451.79 |
| 10 | 1012.38 | 942.42 | 1057.24 | 480.52 | 1579.62 |
| 25 | 1122.18 | 1044.63 | 1171.90 | 532.63 | 1743.89 |
| 50 | 1213.97 | 1130.08 | 1267.76 | 576.20 | 1868.13 |
| 100 | 1308.37 | 1217.95 | 1366.34 | 621.00 | 1994.40 |
| 200 | 1404.83 | 1307.75 | 1467.08 | 666.79 | 2123.50 |
| 1000 | 1641.00 | 1527.59 | 1713.70 | 778.88 | 2439.63 |



Gambar 4. Grafik hubungan Debit dengan Kala Ulang Masing-masing Metode

B. Pemodelan HEC-RAS

Penelusuran banjir dengan pendekatan hidraulik dilakukan dengan menggunakan *software* HEC-RAS 5.0.5. Langkah-langkah penelusuran profil muka air banjir pada Bendung Kamijoro, diuraikan sebagai berikut:

1. Memodelkan geometri Sungai Progo yang akan ditelusuri profil muka airnya dengan menggunakan data gambar situasi, gambar potongan memanjang dan potongan melintang sungai.
2. Memasukkan input hidraulik dengan menetapkan model sebagai aliran tetap (*steady flow*), menentukan kekasaran permukaan dengan 0.03 dan 0.025 sebagai tebing yang dilindungi oleh struktur.
3. Memasukkan debit banjir yang telah dihitung sebelumnya, dengan PF 1 untuk data debit banjir metode Rasional, PF 2 untuk data debit banjir metode Rasional-

Mononobe, PF 3 untuk data debit banjir metode Haspers, PF 4 untuk data debit banjir metode Weduwen, dan PF 5 untuk data debit banjir metode Gama 1.

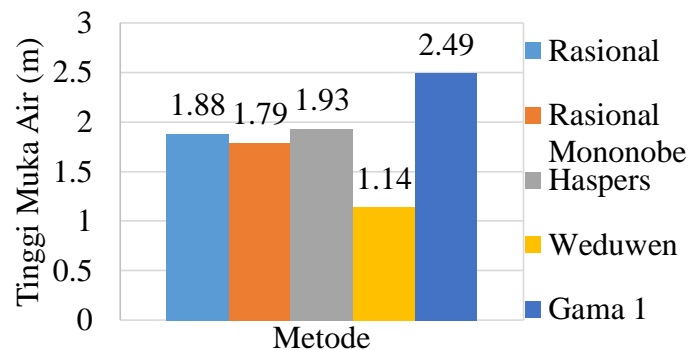
4. Memasukkan data pasang surut dengan rata-rata berada pada elevasi 1 meter.
5. Melakukan *running* program HEC-RAS.

Berdasarkan hasil simulasi *running* HEC-RAS 5.0.5, didapatkan hasil tinggi muka air yang telah yang disajikan pada Tabel 20.

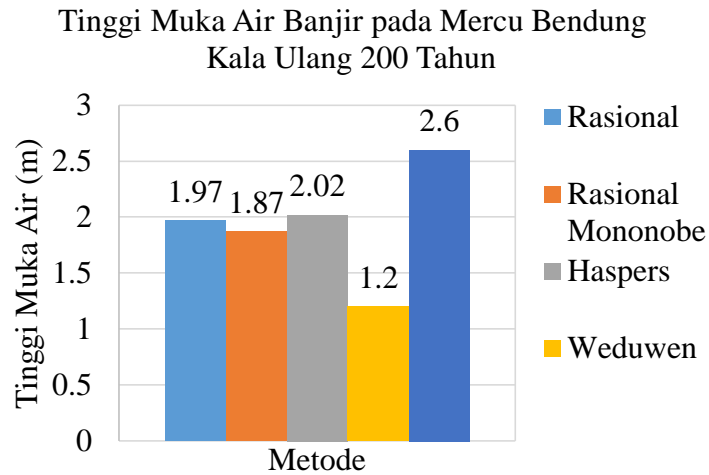
Tabel 20. Rekapitulasi Tinggi Muka Air Banjir pada Mercu Bendung

| Kala Ulang (Tahun) | Tinggi Muka Air Banjir pada Mercu Bendung(m) | | | | |
|--------------------|--|-------------------|---------|---------|--------|
| | Rasional | Rasional Mononobe | Haspers | Weduwen | Gama 1 |
| 100 | 1.88 | 1.79 | 1.93 | 1.14 | 2.49 |
| 200 | 1.97 | 1.87 | 2.02 | 1.2 | 2.6 |
| 1000 | 2.19 | 2.08 | 2.25 | 1.33 | 2.85 |

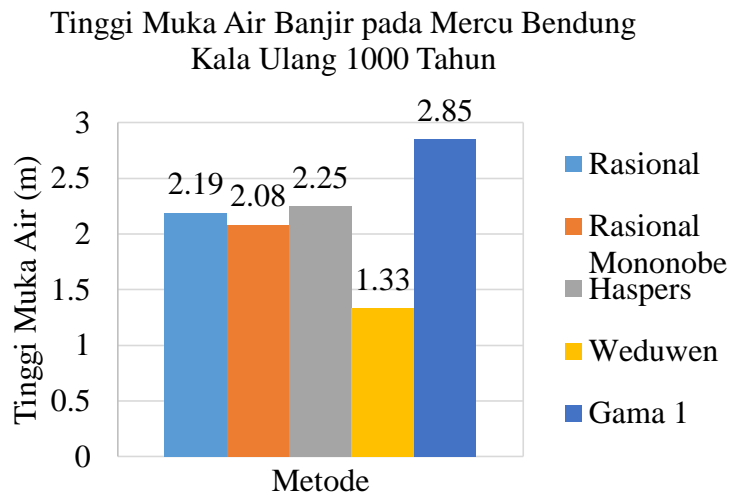
Tinggi Muka Air Banjir pada Mercu Bendung
Kala Ulang 100 Tahun



Gambar 5. Grafik Tinggi Muka Air pada Mercu Bendung Kala Ulang 100 Tahun.



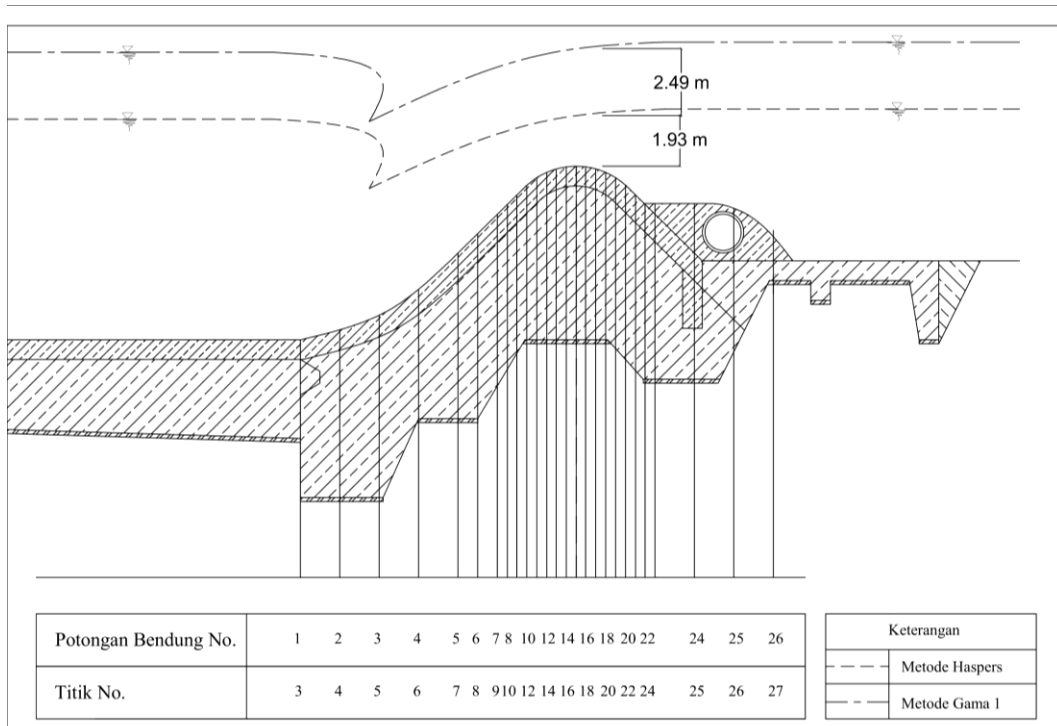
Gambar 6. Grafik Tinggi Muka Air pada Mercu Bendung Kala Ulang 200 Tahun



Gambar 7. Grafik Tinggi Muka Air pada Mercu Bendung Kala Ulang 1000 Tahun

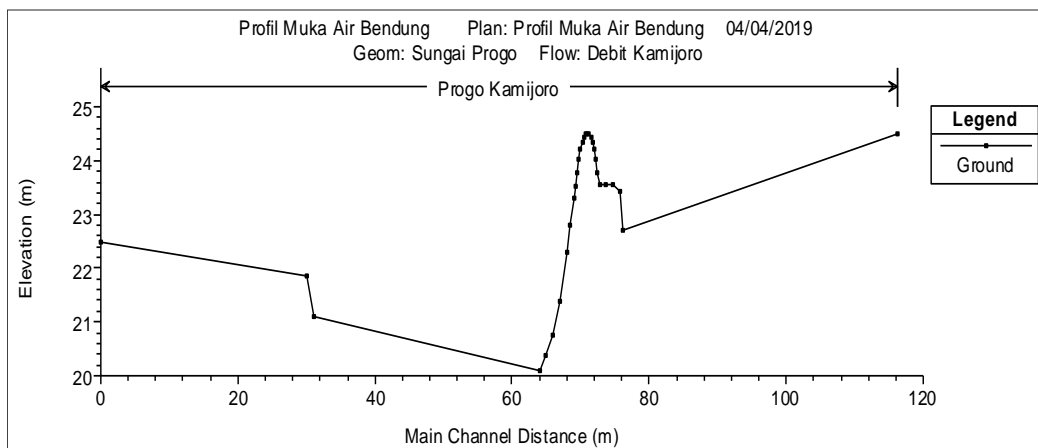
Berdasarkan Tabel 20, tinggi muka air banjir pada mercu bendung dengan perhitungan dengan debit metode Haspers merupakan hasil tertinggi dibandingkan hasil perhitungan dengan metode lainnya, dengan hasil pada kala ulang 100 tahun sebesar 1.93 m, pada kala ulang 200 tahun sebesar 2.02 m, dan pada kala ulang 1000 tahun sebesar 2.25 m, metode ini mengalami kenaikan persentase sebesar 16.58% selama 100 hingga 1000 tahun. Sedangkan metode Weduwen merupakan hasil paling rendah dibandingkan hasil perhitungan metode lainnya, dengan hasil

pada kala ulang 100 tahun sebesar 1.14 m, pada kala ulang 200 tahun sebesar 1.2 m, dan pada kala ulang 1000 tahun sebesar 1.33 m, dengan mengalami kenaikan persentase sebesar 16.66% selama 100 hingga 1000 tahun. Gama 1 pada kala ulang 100 tahun sebesar 2,49 m, pada kala ulang 200 tahun sebesar 2,6 m, dan pada kala ulang 1000 tahun sebesar 2,85 m dengan mengalami kenaikan persentase sebesar 14.45% selama 100 hingga 1000 tahun. Persentase perbedaan antara metode Haspers dan Gama 1 pada kala ulang 100 hingga 1000 adalah sebesar 28.12%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa perhitungan tinggi muka air banjir dengan menggunakan metode hirograf satuan sintetis lebih tinggi daripada metode empiris. Grafik perbandingan hasil tinggi muka air banjir pada mercu Bendung pada kala ulang 100, 200, dan 1000 tahun dengan 5 metode berbeda dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

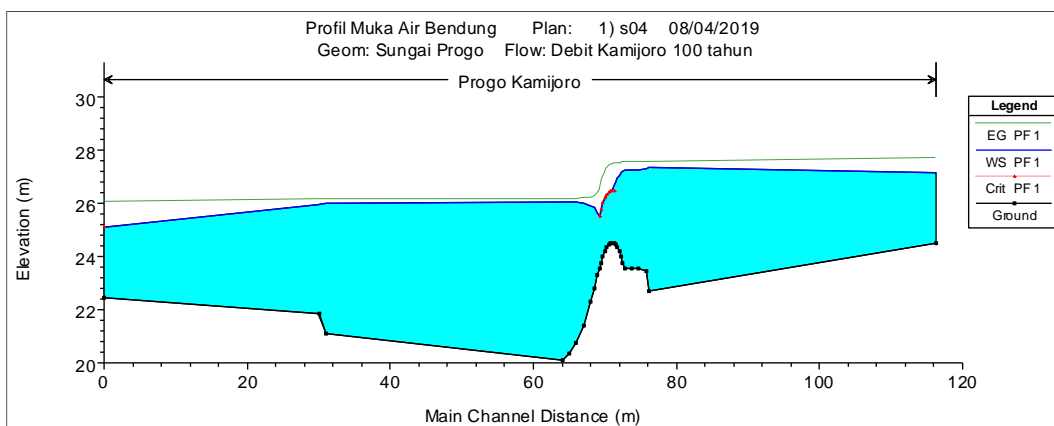


Gambar 8. Pemodelan Gambar Detail Profil Muka Air

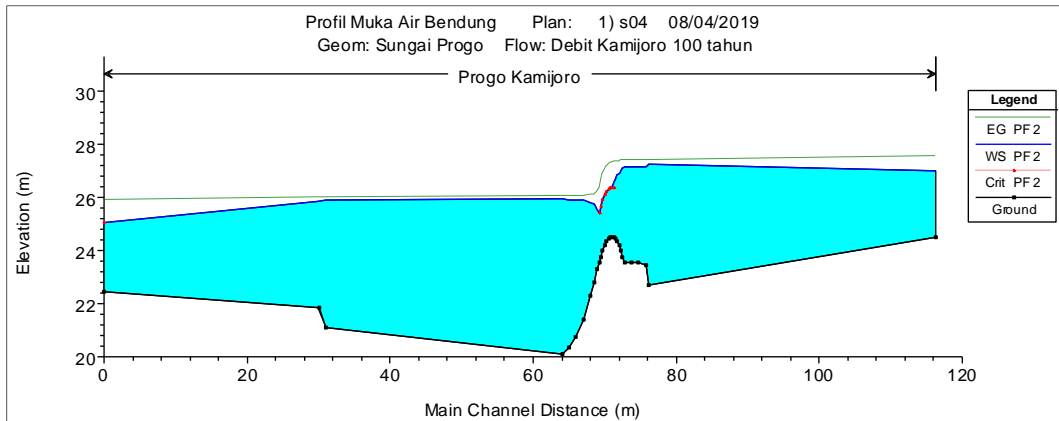
Gambar 8 menunjukkan detail potongan memanjang Bendung Kamijoro, dengan contoh tinggi muka air banjir pada mercu Bendung Kamijoro dengan menggunakan metode Haspers dan Gama 1. Berikut adalah Hasil simulasi profil muka air yang didapatkan dengan menggunakan HEC-RAS 5.0.5 pada Bendung Kamijoro dari pemodelan tampang memanjang.



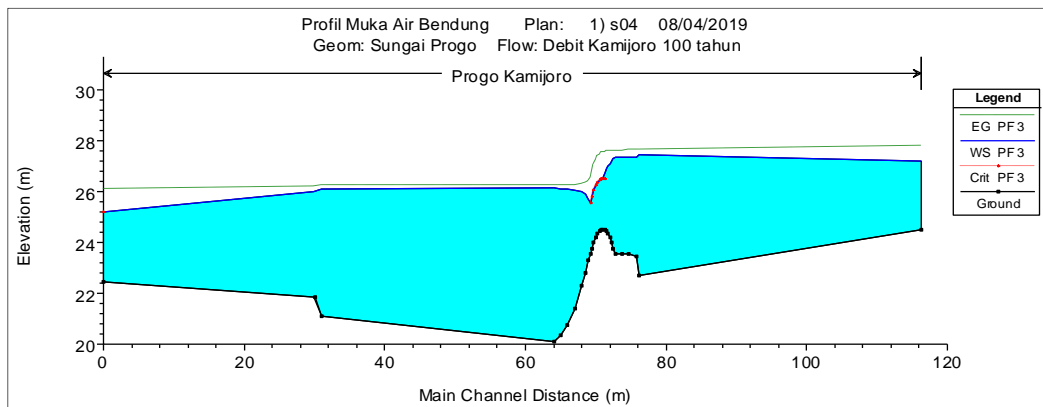
Gambar 9. Potongan Bendung Kamijoro



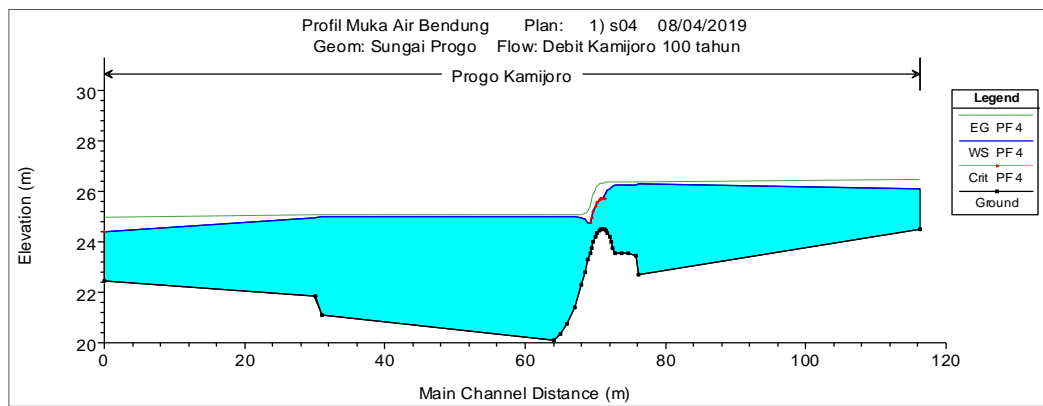
Gambar 10. Simulasi Muka Air Banjir 100 tahun dengan debit Rasional



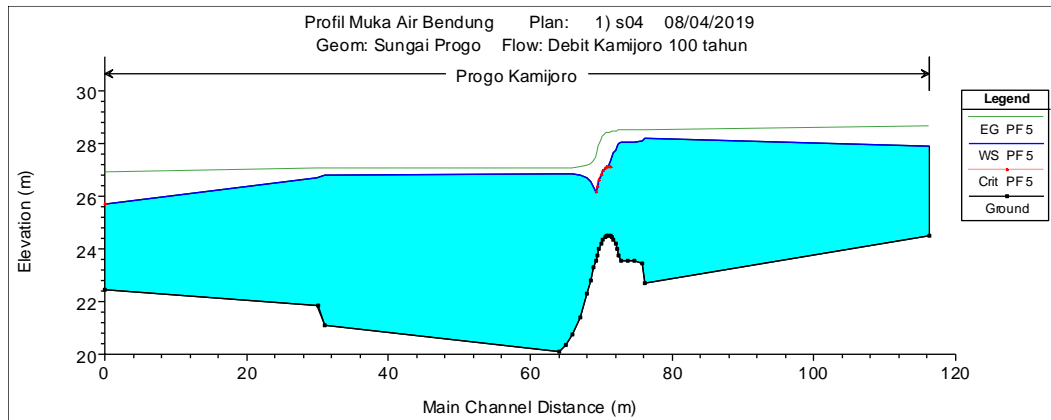
Gambar 11. Simulasi Muka Air Banjir 100 tahun dengan debit Rasional Mononobe



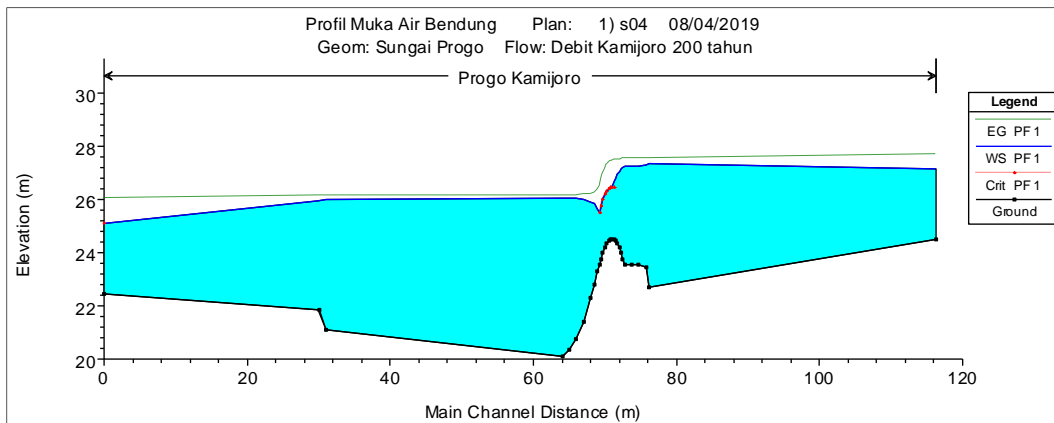
Gambar 12. Simulasi Muka Air Banjir 100 tahun dengan debit Haspers



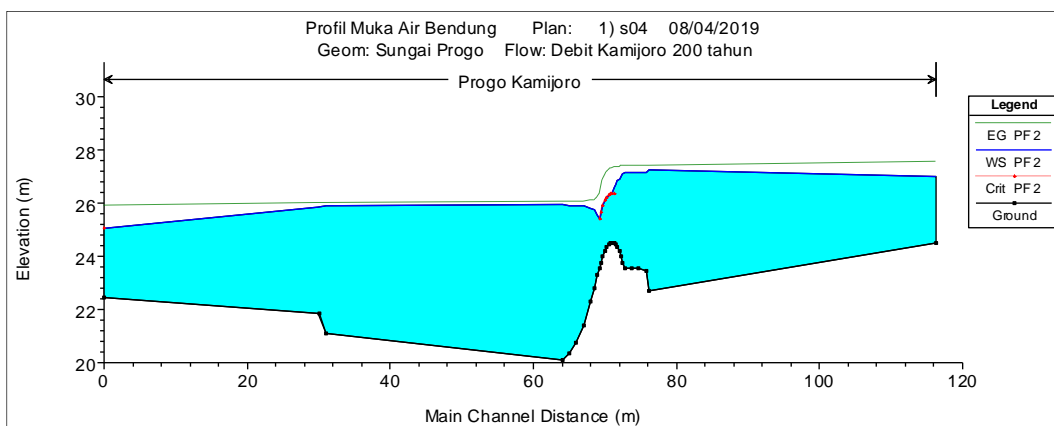
Gambar 13. Simulasi Muka Air Banjir 100 tahun dengan debit Weduwen



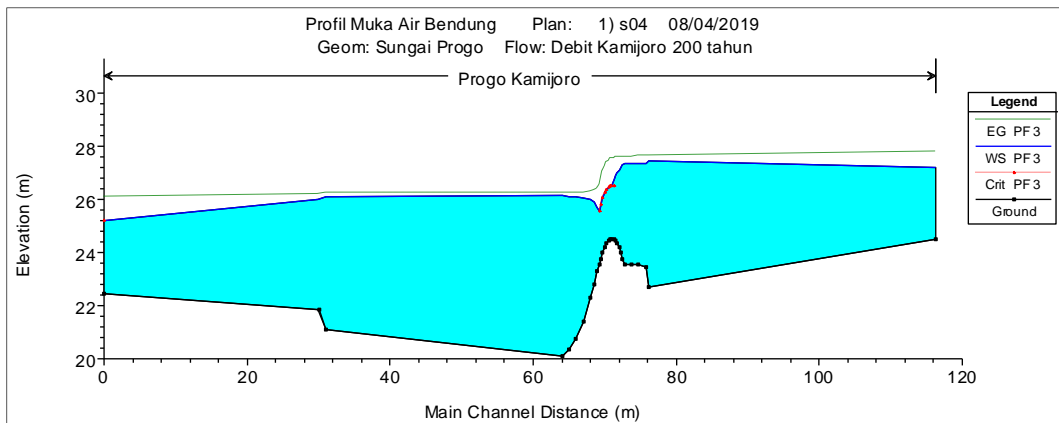
Gambar 14. Simulasi Muka Air Banjir 100 tahun dengan debit Gama 1



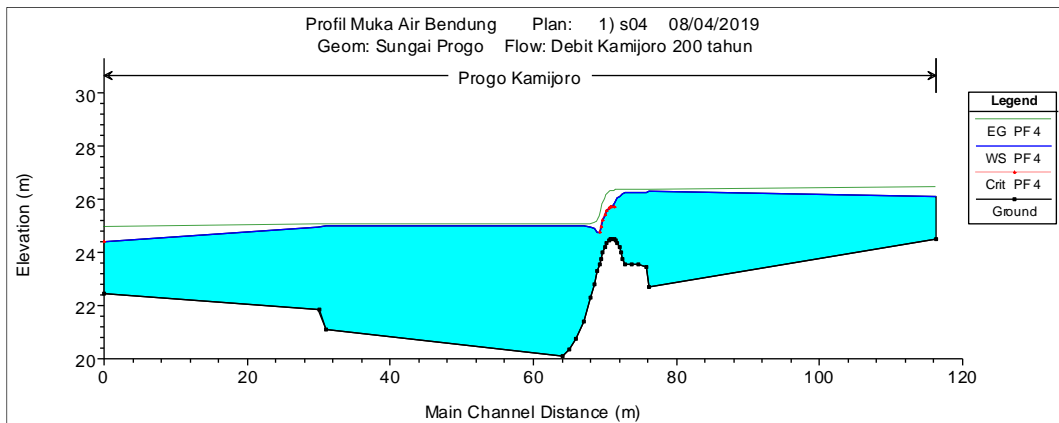
Gambar 15. Simulasi Muka Air Banjir 200 tahun dengan debit Rasional



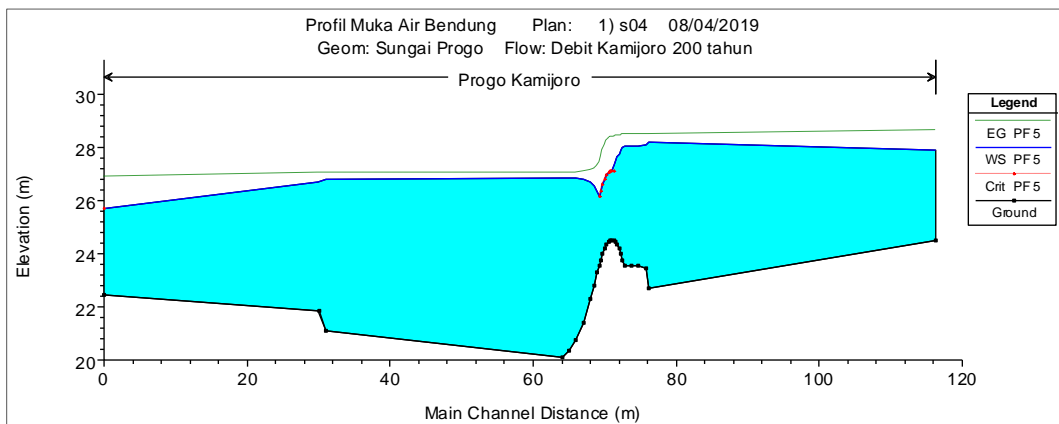
Gambar 16. Simulasi Muka Air Banjir 200 tahun dengan debit Rasional Mononobe



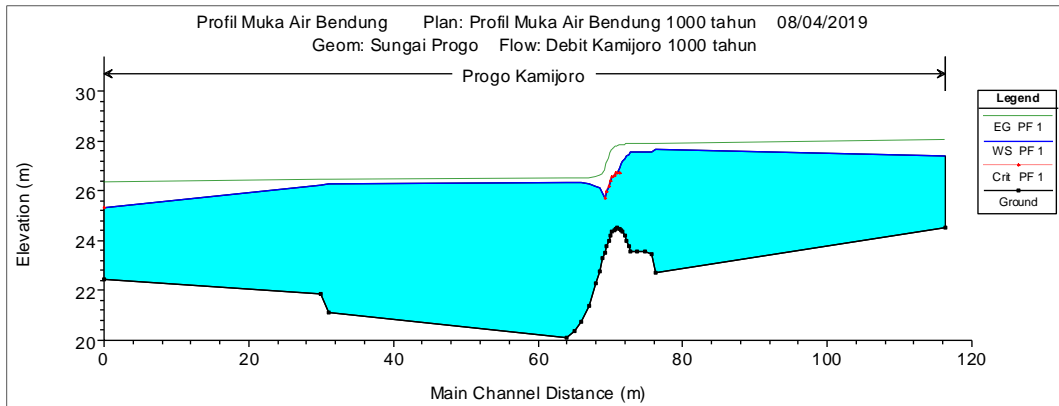
Gambar 17. Simulasi Muka Air Banjir 200 tahun dengan debit Haspers



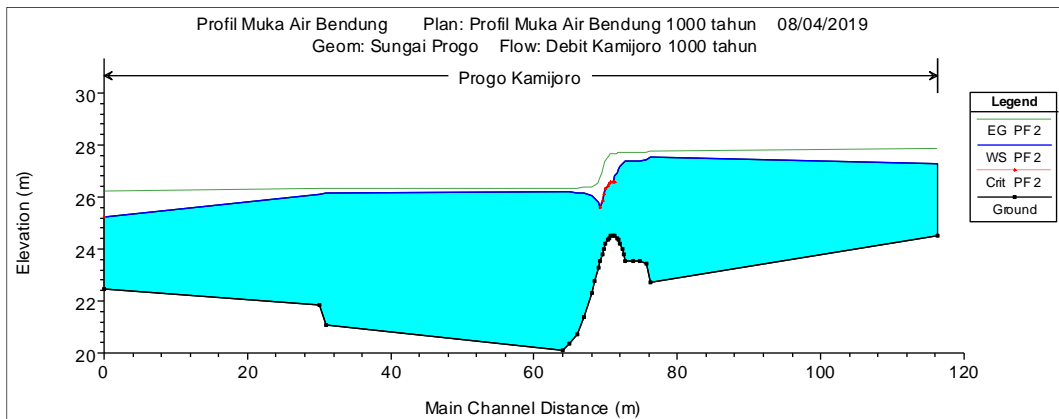
Gambar 18. Simulasi Muka Air Banjir 200 tahun dengan debit Weduwen



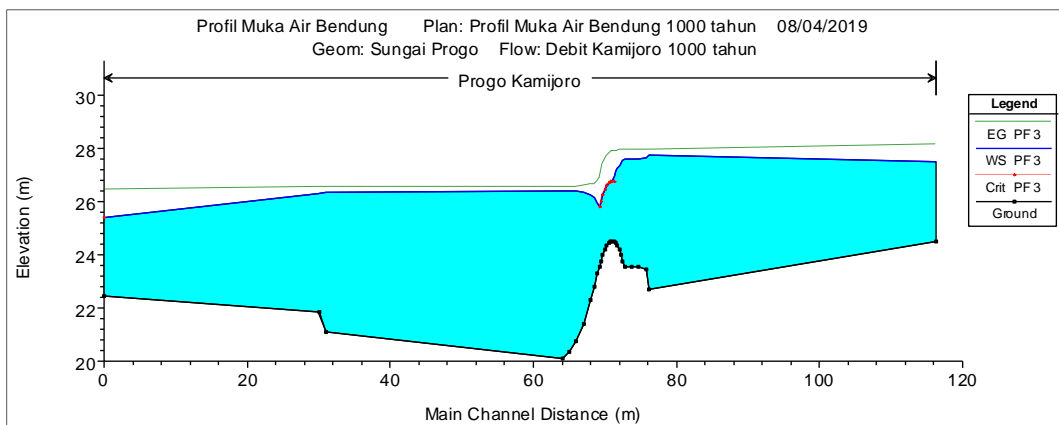
Gambar 19. Simulasi Muka Air Banjir 200 tahun dengan debit Gama 1



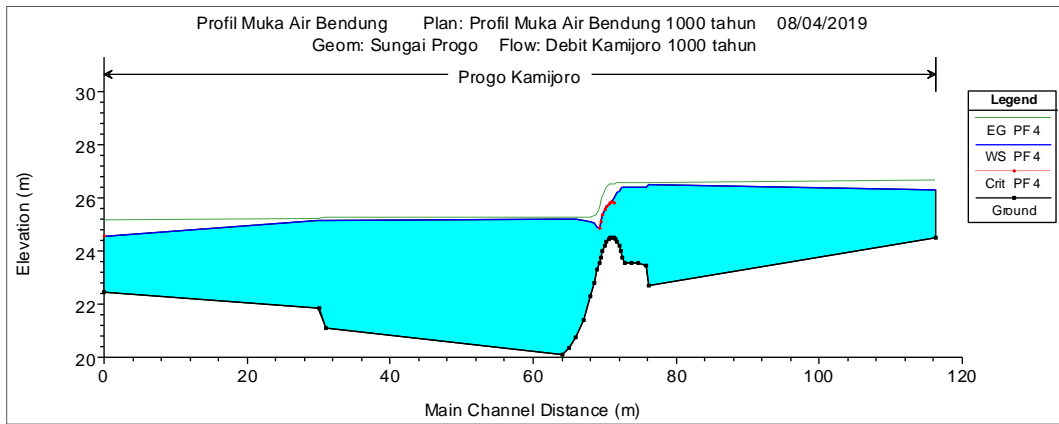
Gambar 20. Simulasi Muka Air Banjir 1000 tahun dengan debit Rasional



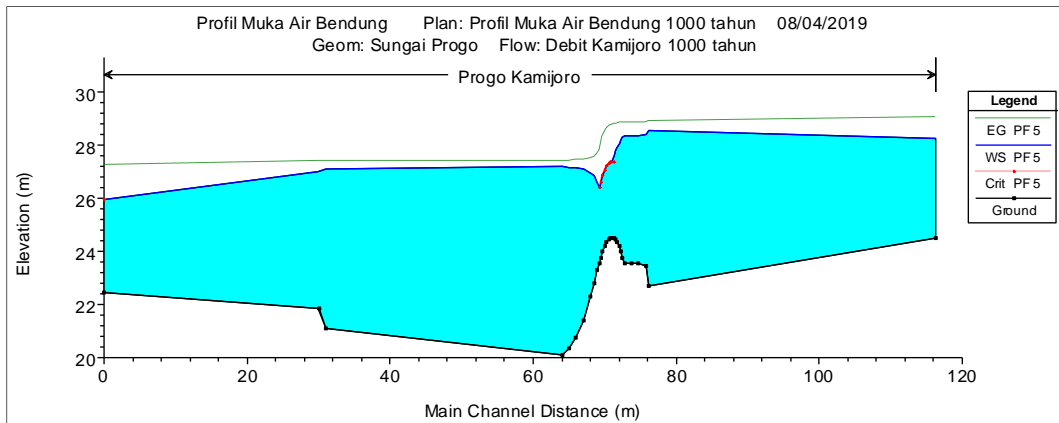
Gambar 21. Simulasi Muka Air Banjir 1000 tahun dengan debit Rasional Mononobe



Gambar 22. Simulasi Muka Air Banjir 1000 tahun dengan debit Haspers



Gambar 23. Simulasi Muka Air Banjir 1000 tahun dengan debit Weduwen



Gambar 24. Simulasi Muka Air Banjir 1000 tahun dengan debit Gama 1