

Analisis Hidrologi dan Hidrolika pada Saluran Drainase Ramanuju Hilir Kotabumi (Menggunakan Program HEC-RAS)

Muhammad Jazuli Mustofa¹⁾

Dyah Indriana Kusumastuti²⁾

Yuda Romdania³⁾

Abstract

The calculation is done using the rainfall data obtained from BMKG Kotabumi North Lampung, from 1998 until 2011 with time increment in minutes. The Log Pearson III method is used to find the design rainfall with return period 2 years, 5 years and 10 years. Then the result is implemented in the Intensity-duration-frequency (IDF) curves. Time of concentration is linked into the IDF curves to determine rainfall intensity. Based on the calculated rainfall intensity, the design discharge for each return period can be calculated using the rational method.

The values of design discharge are then inputted as upstream boundary condition in HEC-RAS. Model output are presented in cross and long section to determine at which return period the drainage capacity is overflowed. Simulation using HEC-RAS were also done to determine the channel capacity.

Based on the results of this research, it can be concluded that rainfall intensities are 52,6918 mm/hour, 65,7820 mm/hour and 75,9032 mm/hour, for 2, 5, an 10 year return period respectively. The capacity of the drainage channel is 2.02 m³/hour and is expected to be exceeded on 5 years return period.

Key words : Intensity, Rasioanal method, HEC-RAS, capacity

Abstrak

Perhitungan dilakukan menggunakan data hujan menitan yang diperoleh dari BMKG Kotabumi, Lampung Utara dari tahun 1998 sampai 2011. Metode Log Pearson III dipakai untuk mencari hujan rencana dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun. Kemudian hasilnya dibuat dalam kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF). Waktu konsentrasi dihubungkan ke dalam kurva diperoleh intensitas hujannya. Berdasarkan nilai intensitas, dihitung menggunakan rumus Rasional sehingga diperoleh nilai debit rencana pada setiap kala ulangnya. Debit akan diinputkan kedalam model saluran pada program HEC-RAS yang kemudian diamati sehingga pada *output* model diperoleh gambaran penampang melintang dan penampang memanjang aliran dalam model saluran serta diketahui pada kala ulang berapakah debit saluran tersebut menyebabkan banjir. Analisis hidrologi dan hidrolika dilakukan kembali melalui metode *trial and error* dengan memasukkan debit coba pada model sehingga dapat diperoleh kapasitas salurannya.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan intensitas hujan sebesar 52,6918 mm/jam untuk kala ulang 2 tahun, 65,7820 mm/jam untuk kala ulang 5 tahun dan 75,9032 mm/jam untuk kala ulang 10 tahun. Kapasitas saluran sebesar 2,02 m³/jam diperkirakan akan terlampaui pada kala ulang 10 tahun.

Kata kunci: Intensitas, metode Rasioanal, HEC-RAS, kapasitas

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. surel:

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Perubahan tata guna lahan menjadi kawasan pemukiman maupun pusat kegiatan manusia menyebabkan air tidak meresap dengan maksimal ke dalam tanah sehingga sebagian besar akan melimpas. Begitu pula yang terjadi di daerah Kotabumi, Lampung Utara.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang seluk beluk dan perjalanan air di permukaan bumi. Hidrologi dipelajari orang untuk memecahkan masalah-masalah yang berhubungan dengan keairan, seperti manajemen air, pengendalian banjir, dan perencanaan bangunan air (Triatmojo, 2008a).

2.1.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Triatmodjo (2008a), DAS adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik stasiun yang ditinjau.

2.1.2. Presipitasi dan Hujan

Presipitasi didefinisikan sebagai air yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi dengan intensitas dan jumlah tertentu serta dalam wujud air yang tertentu pula. Air yang jatuh dari atmosfer tersebut bisa saja berwujud hujan, salju, uap air, dan kabut (Linsley, 1996).

2.1.3. Hujan Rencana dan Debit Banjir Rencana

Menurut Triatmodjo (2008c), debit rencana dapat dihitung dari kedalaman hujan titik dalam penggunaan metode rasional untuk menentukan debit puncak pada perencanaan drainase dan jembatan (gorong-gorong). Metode rasional ini digunakan apabila tangkapan air kecil.

2.1.4. Analisis Frekuensi

Menurut Triatmodjo (2008a), dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata ($\bar{X}$), simpangan baku (s), koefisien skewness (C_s), koefisien kurtosis (C_k) dan koefisien variasi (C_v).

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\left[\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2 \right]} \quad (2)$$

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (3)$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \quad (4)$$

$$Cv = \frac{s}{\bar{X}} \quad (5)$$

2.1.4.1. Distribusi Normal

Distribusi Normal adalah simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang disebut juga distribusi *gauss*. Harto (1993), memberikan sifat-sifat distribusi normal, yaitu nilai koefisien kemencengan (*skewness*) $Cs \approx 0$ dan nilai koefisien kurtosis $Ck \approx 3$.

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot s \quad (6)$$

dengan X_T adalah perkiraan nilai pada T-tahun, $\bar{X}$ adalah nilai rata-rata sampel, K_T adalah faktor frekuensi s adalah standar deviasi.

2.1.4.2. Distribusi Log Normal

Menurut Harto (1993), jika variabel acak $y = \log x$ terdistribusi secara normal, maka x dikatakan mengikuti distribusi Log Normal, dalam model matematik dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot s \quad (7)$$

dengan Y_T adalah perkiraan nilai pada T-tahun, $\bar{Y}$ adalah nilai rata-rata sampel, K_T adalah faktor frekuensi dan s adalah standar deviasi. Ciri khas statistik distribusi Log Normal adalah nilai koefisien *skewness* sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi (Cv) atau bertanda positif.

2.1.4.3. Distribusi Gumbel

Rumus umum yang digunakan dalam metode Gumbel adalah sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + K \cdot s \quad (8)$$

dengan $\bar{X}$ adalah nilai rata-rata, s adalah standar deviasi dan K adalah faktor frekuensi. Ciri khas distribusi Gumbel adalah nilai *skewness* sama dengan 1,396 dan kurtosis (Ck) = 5,4002.

2.1.4.4. Distribusi Log Pearson

Apabila tidak memenuhi ketiga distribusi di atas maka data tersebut dapat dihitung menggunakan distribusi Log Pearson III.

$$\log X_T = \log \bar{X} + K s \quad (9)$$

2.1.4.4. Distribusi Log Pearson

Apabila tidak memenuhi ketiga distribusi di atas maka data tersebut dapat dihitung menggunakan distribusi Log Pearson III.

$$\log X_T = \log \bar{X} + K s \quad (10)$$

2.1.5. Intensitas durasi Frekuensi (IDF)

Menurut Triatmodjo (2008a), Analisa IDF dapat dilakukan untuk memperkirakan debit puncak di daerah tangkapan yang kecil, hujan deras dengan durasi singkat (intensitas hujan dengan durasi singkat adalah sangat tinggi) yang jatuh di berbagai titik pada seluruh daerah tangkapan hujan dapat terkonsentrasi di titik kontrol yang ditinjau dalam waktu yang bersamaan yang dapat menghasilkan debit puncak.

2.1.6. Waktu Konsentrasi

Menurut Suripin (2004), waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh.

$$T_c = \left[\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times s} \right]^{0,385} \quad (11)$$

dengan t_c adalah waktu konsentrasi, L adalah panjang saluran dan s adalah kemiringan.

2.1.7. Metode Rasional

Menurut Triatmodjo (2008a) beberapa parameter hidrologi yang diperhitungkan adalah intensitas hujan, durasi hujan, frekuensi hujan, luas DAS, abstraksi (kehilangan air akibat evaporasi, intersepsi, infiltrasi dan tampungan permukaan) dan konsentrasi aliran.

$$Q = 0.2778 C I A \quad (12)$$

dengan Q adalah debit, C adalah koefisien limpasan, I adalah intensitas dan A adalah luas

2.2. Hidrolika

2.2.1. Penghantar Aliran (Flow Conveyance)

Air mengalir dari hulu ke hilir (kecuali ada gaya yang menyebabkan aliran ke arah sebaliknya) hingga mencapai suatu elevasi permukaan air tertentu, misalnya permukaan air di danau atau permukaan air di laut (Karnisah, 2010).

2.2.2. Elemen Geometri

Jari - jari hidrolik (R) adalah luas penampang dibagi keliling basah. Kedalaman hidrolik dari suatu penampang aliran adalah luas penampang dibagi lebar permukaan.

$$R = \frac{A}{P} \quad (13)$$

Faktor penampang untuk perhitungan aliran kritis adalah perkalian dari luas penampang aliran (A) dan akar dari kedalaman hidrolik ($\sqrt{D}$) disimbolkan sebagai Z . Faktor penampang untuk perhitungan aliran seragam adalah perkalian dari luas penampang aliran dan pangkat $2/3$ dari jari-jari hidrolik.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} s^{1/2} \quad (14)$$

dengan V adalah kecepatan, R adalah jari-jari hidrolis, n adalah koefisien *manning* dan s adalah kemiringan saluran.

2.2.3. Debit Aliran (Discharge)

Debit aliran adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang tiap satuan waktu dan simbol/notasi yang digunakan adalah Q .

$$Q = A \cdot V \quad (15)$$

dengan Q adalah debit, A adalah luas penampang dan V adalah kecepatan.

2.2.4. Kecepatan (Velocity)

Kecepatan aliran (v) dari suatu penampang aliran tidak sama di seluruh penampang aliran, tetapi bervariasi menurut tempatnya.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (16)$$

dengan V adalah kecepatan, Q adalah debit dan A adalah luas penampang.

2.2.5. Kriteria Aliran

Aliran dikatakan sebagai aliran mantap (*steady flow*) apabila variabel dari aliran (seperti kecepatan V , tekanan p , rapat massa ρ , tampang aliran A , debit Q dan sebagainya) di sembarang titik pada zat cair tidak berubah dengan waktu. Sebaliknya apabila variabel-variabel dari aliran air berubah menurut waktu disebut sebagai aliran tak mantap (*unsteady flow*).

Aliran seragam (*uniform flow*) merupakan jenis aliran dengan kecepatan di sepanjang saluran adalah tetap, dalam hal ini kecepatan aliran tidak tergantung pada tempat atau tidak berubah menurut tempatnya, $\frac{\partial v}{\partial s} = 0$.

2.2.6. Sifat Aliran

Menurut hasil percobaan yang dilakukan oleh Reynold, apabila angka Reynold kurang dari 2000, aliran biasanya merupakan aliran laminar. Apabila angka Reynold lebih besar dari 4000, aliran biasanya adalah turbulen. Sedangkan apabila berkisar antara 2000 dan 4000 aliran dapat laminar atau turbulen tergantung pada faktor-faktor lain yang mempengaruhi (Kodoatie, 2009).

$$R_e = \frac{(4R)V}{\nu} \quad (17)$$

dengan R_e adalah angka Reynold, V adalah kecepatan, R adalah jari-jari hidrolis dan ν adalah viskositas.

2.2.7. Tipe Aliran

Apabila harga Fr kurang dari 1, tipe aliran tersebut adalah aliran sub-kritis (*subcritical flow*). Sebaliknya apabila harga Fr lebih dari 1, tipe alirannya adalah aliran super kritis (*supercritical flow*).

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (18)$$

atau

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}} \quad (19)$$

dengan Fr adalah angka froude, v adalah kecepatan, g adalah gravitasi, L adalah panjang karakteristik dan D adalah kedalaman hidrolis.

2.2.8. Kemiringan Kritis

Menurut Triatmodjo (2008b), kemiringan dasar saluran yang diperlukan untuk menghasilkan aliran seragam di dalam saluran pada kedalaman kritis disebut dengan kemiringan kritis I_c . Apabila aliran seragam terjadi pada saluran dengan kemiringan dasar lebih kecil dari kemiringan kritis ($I_0 < I_c$), maka aliran adalah sub kritis. Apabila kemiringan dasar lebih besar dari kemiringan kritis ($I_0 > I_c$), maka aliran adalah super kritis.

$$I_c = \frac{g D n^2}{R^{4/3}} \quad (20)$$

dengan I_c adalah kemiringan kritis, g adalah gravitasi, D adalah kedalaman hidrolis dan R adalah jari-jari hidrolis.

2.2.9. Energi dalam Saluran Terbuka

Jumlah tinggi energi pada penampang di hulu akan sama dengan jumlah tinggi energi pada penampang hilir, hal ini dinyatakan dengan persamaan Bernoulli.

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \alpha_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (21)$$

2.3. Saluran Box Culvert

Saluran *Box Culvert* adalah saluran gorong-gorong dari beton bertulang yang berbentuk kotak yang memiliki sambungan pada setiap segmennya sehingga bersifat kedap air. *Box Culvert* ini umumnya digunakan untuk saluran drainase (Suripin, 2004).

2.4. Program HEC-RAS

Menurut Sitepu (2010) HEC-RAS adalah suatu sistem *software* gabungan yang dirancang untuk penggunaan yang interaktif di lingkungan. Sistem HEC-RAS terdiri atas *Graphical User Interface* (GUI), komponen-komponen analisis hidrolis, kemampuan penyimpanan data, manajemen dan grafik (Istiarto, 2010).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Wilayah

Lokasi penelitian ini adalah di saluran drainase Ramanuju Hilir, Kecamatan Kotabumi, Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung.

3.2. Data Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan otomatis dari BMKG Kotabumi Lampung Utara. Data hujan yang dipergunakan adalah data hujan periode tahun 1998 sampai tahun 2011.

3.3. Metode Pengolahan Data

Metode Log Pearson III dipakai untuk mencari hujan rencana dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun. Kemudian hasilnya dibuat dalam kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF). Waktu konsentrasi dihubungkan ke dalam kurva diperoleh intensitas hujannya. Nilai intensitas dihitung menggunakan rumus rasional sehingga diperoleh nilai debit rencana pada setiap kala ulangnya. Debit akan diinputkan kedalam model saluran pada program HEC-RAS yang kemudian diamati sehingga pada diperoleh kala ulang berapakah debit saluran tersebut banjir. Analisis hidrologi dan hidrolika dilakukan kembali dengan memasukkan debit coba pada model sehingga dapat diperoleh kapasitas salurannya.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Hidrologi

4.1.1. Analisis Statistik

Setelah dihitung parameter statistiknya menggunakan persamaan (1), persamaan (2), persamaan (3), persamaan (4) dan persamaan (5) didapatkan nilai Parameter Statistik analisis Frekuensi.

Tabel 1. Parameter statistik analisis frekuensi.

No	Durasi	Kala ulang 2 th	Kala ulang 5 th	Kala ulang 10 th
1	5 menit	131.35	362.80	616.95
2	10 menit	102.98	210.13	305.03
3	15 menit	82.11	137.49	181.10
4	30 menit	59.67	80.24	116.78
5	45 menit	54.12	73.53	110.07
6	60 menit	38.51	63.28	82.98
7	120 menit	25.59	49.78	72.79
8	180 menit	17.25	36.74	54.54
9	360 menit	9.44	17.98	25.17
10	720 menit	4.62	9.80	23.64

4.1.2. Curah Hujan Rencana

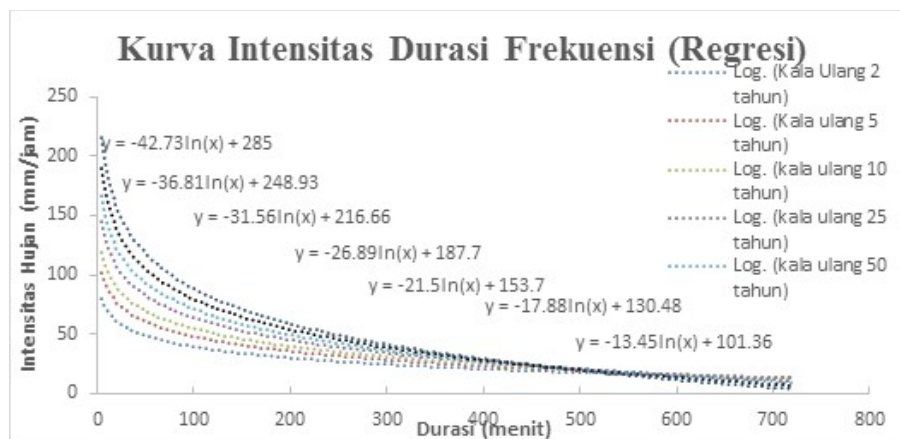
Data hujan yang diperoleh diperiksa parameter statistiknya maka ditentukan bahwa analisis frekuensi yang sesuai adalah metode Log Pearson III. Berdasarkan perhitungan dengan metode tersebut diperoleh hujan rancangan sebagai berikut :

Tabel 2. Hujan rancangan berbagai periode ulang.

No	Durasi (menit)	K. Ulang 2 th	K. Ulang 5 th	K. Ulang 10 th	K. Ulang 25 th	K. Ulang 50 th	K. Ulang 100 th	K. Ulang 200 th
1	5	64.59	89.17	108.06	135.12	157.80	182.70	210.16
2	10	64.70	80.59	94.52	116.17	135.52	157.91	183.86
3	15	68.44	85.55	99.26	119.34	136.39	155.39	176.57
4	30	65.15	82.13	94.43	111.20	124.60	138.81	153.95
5	45	64.51	75.81	84.61	97.10	107.39	118.50	130.58
6	60	57.83	67.73	74.75	84.12	91.46	99.08	107.08
7	120	37.39	44.43	48.94	54.52	58.63	62.70	66.78
8	180	25.63	30.33	33.44	37.39	40.36	43.35	46.39
9	360	14.22	17.48	20.04	23.70	26.76	30.11	33.81
10	720	8.12	9.97	11.15	12.61	13.67	14.72	15.77

4.1.3. Kurva Intensitas Durasi Frekuensi

Dari data hujan rancangan dibuat kurva IDFnya sebagai berikut :



Gambar 1. Kurva IDF.

4.1.4. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi digunakan untuk menentukan lamanya air hujan mengalir dari hulu hingga ke tempat keluaran saluran. Berdasarkan persamaan (10) diperoleh waktu konsentrasi sebesar 37,28 menit.

4.1.5. Intensitas Hujan Terhitung

Waktu konsentrasi dihubungkan pada kurva IDF diperoleh intensitas hujan sebesar 52,6918 mm/jam untuk kala ulang 2 tahun, 65,7820 mm/jam untuk kala ulang 5 tahun dan 75,9032 mm/jam untuk kala ulang 10 tahun.

4.1.6. Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan adalah persentase jumlah air yang dapat melimpas melalui permukaan tanah dari keseluruhan air hujan yang jatuh pada suatu daerah (Suripin, 2004). Diperoleh koefisien limpasan berdasarkan tata guna lahan sebesar 0,501.

4.1.7. Debit Puncak

Metode rasional digunakan untuk mencari debit puncak pada suatu daerah aliran. Berdasarkan berbagai data yang yang diperoleh di atas yaitu intensitas, koefisien aliran 0,501 serta luas daerah tangkapan sebesar 0,3444 km². Maka diperoleh nilai sebesar 2,5275 m³/s untuk kala ulang 2 tahun, 3,1554 m³/s untuk kala ulang 5 tahun dan 3,6409 m³/s untuk kala ulang 10 tahun.

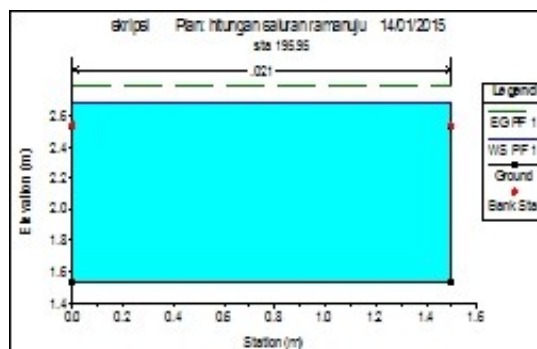
4.2. Analisis Hidrolika

4.2.1. Kalibrasi Model

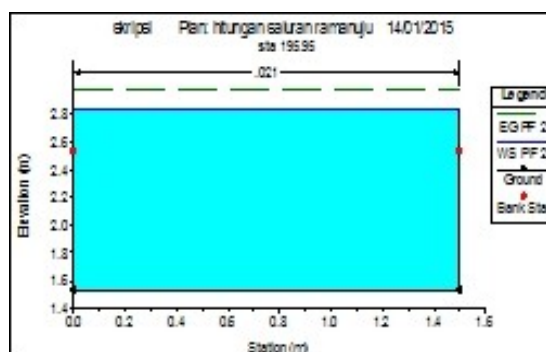
Berdasarkan data yang didapat dari lapangan yaitu berupa tinggi air pada saluran sebesar 0,15 m dan kecepatan air sebesar 1,3 m/s. Kemudian diperoleh nilai *manning* sebesar 0,021.

4.2.2. Pemodelan Saluran pada Program HEC-RAS

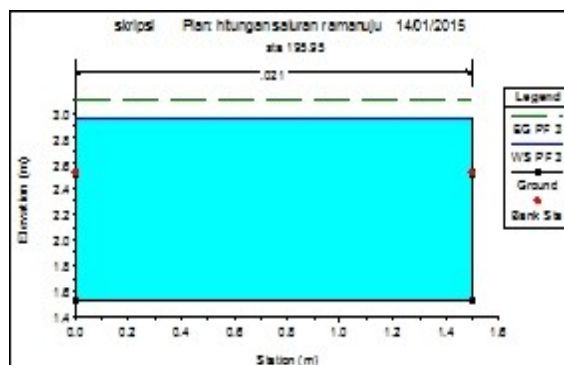
Dari hasil pemodelan diketahui bahwa pada kala ulang 2 tahun debit air sebesar 2,5275 m³/s menyebabkan banjir dengan kedalaman maksimum luapan 0,14 m. Untuk kala ulang 5 tahun debit sebesar 3,1554 m³/s menyebabkan banjir dengan kedalaman luapan maksimum 0,31 m. Untuk kala ulang 10 tahun dengan debit 3,6409 m³/s menyebabkan sebagian besar luapan dari hulu ke arah hilir. Adapun kedalaman luapan maksimumnya sebesar 0,43 m.



Gambar 2. Muka Air Tertinggi Kala Ulang 2 Tahun.



Gambar 3. Muka Air Tertinggi Kala Ulang 5 Tahun.



Gambar 4.. Muka Air Tertinggi Kala Ulang 10 Tahun.

Dari pemodelan belum diketahui kapasitas saluran tersebut. Sehingga dilakukan analisis untuk mengetahui kapasitas saluran dengan menggunakan lengkung aliran. Namun karena kenaikan penampang saluran kecil sehingga lebih teliti apabila menggunakan metode *trial and error*. Berdasarkan hasil metode *trial and error* di atas diperoleh nilai debit maksimum pada titik yang mempunyai tinggi muka air tertinggi sebesar 2,02 m³/s. Nilai ini dianggap sebagai kapasitas saluran drainase Ramanuju Hilir.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan intensitas hujan sebesar 52,6918 mm/jam untuk kala ulang 2 tahun, 65,7820 mm/jam untuk kala ulang 5 tahun dan 75,9032 mm/jam untuk kala ulang 10 tahun. Kapasitas saluran sebesar 2,02 m³/jam diperkirakan akan terlampaui pada kala ulang 2 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Istiarto, 2010, *Modul Pelatihan HEC-RAS*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Karnisah, Iin, 2010, *Aliran Dalam Saluran Terbuka*, KBK Sumber Daya Air Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung.
- Kodoatie, J.R., 2009, *Hidrolika Terapan Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa*, Andi Publisher, Yogyakarta.
- Linsley, R. K. Jr., 1996, *Hidrologi untuk Insinyur Edisi Ketiga*, Jakarta, Erlangga.
- Sitepu, 2010, *Simulasi Morfologi Dasar Sungai Way Sekampung Menggunakan Software HEC-RAS*, Skripsi, Universitas Lampung.
- Harto, Sri, 1993, *Analisa Hidrologi*, Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 2008a, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 2008b, *Hidrolika I*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 2008c, *Hidrolika II*, Beta Offset, Yogyakarta.