

ANALISIS DEBIT BANJIR SUNGAI MELUPO DENGAN METODE HSS GAMA 1

Disusun Oleh :

TALIB W. KASIM
Mahasiswa Teknik Sipil
STITEK Bina Taruna Gorontalo
Indonesia
bukustitek@yahoo.com

ABSTRAK

Sungai Meluopo merupakan daerah pasir dan batuan kecil, dibagian hulu sungai merupakan daerah hutan yang saat ini sudah menjadi lahan perkebunan dan pertanian. Mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat banjir di sekitar Sungai Meluopo dibutuhkan upaya pengendalian banjir. Tujuan dalam penelitian ini Menganalisis debit banjir Sungai Meluopo dengan metode HSS Gama I dan pengendalian banjir yang terjadi di Sungai Meluopo. Analisis data terdiri atas analisa curah hujan untuk mendapatkan curah hujan rencana dan analisa debit banjir untuk mendapatkan debit banjir rencana dengan berbagai periode kala ulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Periode ulang 2 tahun sebesar $Q=93.43 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 5 tahun sebesar $Q=105.74 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 10 tahun sebesar $Q=112.18 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 25 tahun sebesar $Q=120.39 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 50 tahun sebesar $Q=123.47 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 100 tahun sebesar $Q=127.57 \text{ m}^3/\text{det}$.

Kata Kunci: Sungai Meluopo, banjir, curah hujan & debit

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS Danau Limboto, secara geografis terletak pada $122^{\circ} 42' 0.24'' - 123^{\circ} 03' 1.17''$ BT dan $00^{\circ} 30' 2.035'' - 00^{\circ} 47' 0.49''$ LU sedangkan secara administratif berada di wilayah Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo.

Sungai Meluopo merupakan daerah pasir dan batuan kecil, dibagian hulu sungai merupakan daerah hutan yang saat ini sudah menjadi lahan perkebunan dan pertanian. Hal ini menjadi faktor penyebab banjir, karena hujan yang turun dipermukaan sebagian besar mengalir masuk ke Sungai dengan cepat dan di bagian hilir terjadi penyempitan bibir Sungai

sehingga volume air melebihi daya tampung, pada akhirnya air meluap keluar Sungai. Penyempitan yang terjadi pada Sungai Meluopo diakibatkan adanya sedimentasi yang terbawa aliran, dampak dari banjir ini menyebabkan kerugian di beberapa desa terutama bagian hilir sungai yang diantaranya menggenangi akses-akses jalan dan rumah-rumah masyarakat yang berada di sekitar aliran sungai tersebut, rusaknya pemukiman, rusaknya lahan persawahan, disamping itu juga sungai tersebut mengalami kerusakan dengan rusaknya tanggul dan bronjong, check dam yang telah ada sebelumnya

Mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat banjir di sekitar Sungai Meluopo dibutuhkan upaya pengendalian banjir. Perencanaan pengendalian banjir di suatu DAS dapat dilakukan dengan baik apabila debit banjir rencana diketahui. Sebagai tindak lanjut dari hal ini maka diadakan kajian dan analisa debit banjir dengan judul: “**Analisis Debit Banjir Sungai Meluopo Dengan Metode HSS GAMA I**”.

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, yang menjadi rumusan masalah adalah :

1. Berapa debit banjir yang terjadi di Sungai Meluopo ?
2. Bagaimana mengendalikan banjir yang terjadi di Sungai Meluopo?

TUJUAN PENELITIAN

1. Menganalisis debit banjir Sungai Meluopo dengan metode HSS Gama I.
2. Analisis pengendalian banjir yang terjadi di Sungai Meluopo.

BATASAN MASALAH

Ruang lingkup pembahasan tugas akhir ini adalah :

1. Data hujan yang diambil adalah dari Stasiun Alo, Stasiun Puhu, Stasiun Biyonga.
2. Kala ulang rencana dibatasi pada 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun.

MANFAAT PENELITIAN

Manfaat Penelitian dalam pembahasan tugas akhir ini adalah :

a. Teoritis

Memberikan informasi tentang debit banjir yang terjadi pada setiap tahun, dimana estimasi besarnya debit tersebut secara hidrologi kemungkinannya akan terulang kembali pada periode - periode mendatang. Sebagai bahan informasi dan pertimbangan bagi pemerintah daerah dalam merencanakan penanggulangan masalah banjir di Sungai Meluopo.

b. Praktis

Hasil dari analisa debit banjir digunakan sebagai masukan penting dalam merencanakan struktur bangunan penanggulangan banjir. Normalisasi Sungai dapat dilakukan apabila besar debit yang terjadi pada Sungai Meluopo melebihi daya tampung.

LANDASAN TEORI

Daur hidrologi

Daur hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface run off*) mengisi cekungan tanah,

danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi airtanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi.

Daerah Aliran Sungai

Sungai merupakan jaringan alur-alur pada permukaan bumi yang terbentuk secara alamiah, mulai dari bentuk kecil di bagian hulu sampai besar di bagian hilir. Air hujan yang jatuh di atas permukaan bumi dalam perjalanannya sebagian kecil menguap dan sebagian besar mengalir dalam bentuk alir-alir kecil, kemudian menjadi alur-alur sedang seterusnya berkumpul menjadi satu alur besar atau utama. Dengan demikian dapat dikatakan sungai berfungsi menampung curah hujan dan mengalirkannya ke laut. (Asdak Chay, 2002)

Curah Hujan Rencana

Data curah hujan yang digunakan untuk perhitungan debit banjir adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 2003).

Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata-rata hitung, simpangan baku (*standar deviasi*), koefisien variasi, kemencengan (*koefisien skewness*) dan koefisien kurtosis

Rata rata Hitung

Rata-rata hitung merupakan nilai rata-rata dari sekumpulan data

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

Simpang Baku

Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai S akan besar, tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka S akan kecil.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Koefisien Skewness (Kemencengan)

Kemencengan (skewness) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetris atau menceng.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (3)$$

Koefisien Variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standard dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (4)$$

Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur kemencengan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad (5)$$

Kriteria pemilihan awal tipe distribusi berdasarkan parameter statistic

Parameter-parameter yang digunakan sebagai langkah awal penentuan tipe distribusi adalah C_s , C_v , C_k . Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

1. *Tipe distribusi Normal*

$$C_s \approx 0 ; C_k \approx 3$$

2. *Tipe disribusi Log Normal*

$$C_s \approx 3 C_v$$

3. *Tipe distribusi Gumbel*

$$C_s \approx 1,139 ; C_k \approx 5,4$$

Distribusi peluang

Fungsi distribusi peluang yang dipergunakan dalam penulisan ini adalah : Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi Gumbel, Distribusi Pearson III, Distribusi Log Pearson III. (Soewarno, 1995)

Distribusi Normal

$$X = \bar{X} + k.S \quad (6)$$

Distribusi Log Normal

$$\log X = \overline{\log X} + k.S_{\log} \quad (7)$$

Distribusi Gumbel

$$X = \bar{X} + \frac{S}{Sn} (Y - Y_n) \quad (8)$$

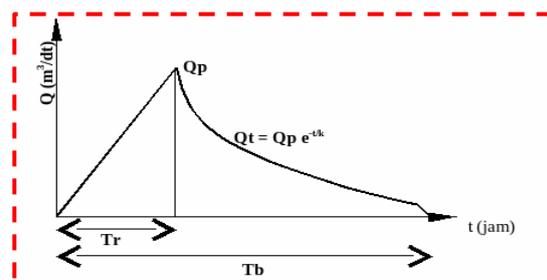
Distribusi Log Pearson Tipe III

$$\log X = \overline{\log X} + k.S \log X \quad (9)$$

Hidrograf satuan sintetik (HSS) GAMA I

Salah satu cara untuk menghitung debit banjir rencana di DAS dengan ketersediaan data yang minim Snyder memanfaatkan parameter DAS untuk memperoleh Hidrograf Satuan Sintetik. Dengan demikian, langkah awal yang sangat penting dalam pemakaian HSS GAMA I adalah pengenalan cara penetapan tingkat sungai, yang mengikuti cara Strahler (Chow, 1989) yang dapat dilihat pada gambar. Untuk dapat mengetahui system sungai yang berada dalam suatu DAS, maka harus digunakan peta topografi, dengan skala 1 : 50.000

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Gama I



Gambar 1. Model HSS Gama I
 Sumber : Triatmodjo, 2008

$$K = 0.5617A^{0.1798} s^{-0.1446} SF^{1.0897} D^{0.0452}$$

Parameter yang diperlukan dalam analisis menggunakan HSS Gama I antara lain:

- Luas DAS (A)
- Panjang alur sungai utama (L)
- Panjang alur sungai ke titik berat DAS

Kelandaian / slope sungai (s)

- Kerapatan jaringan kurus (D)

Selain parameter diatas, masih ada parameter lain yang dipakai, antara lain:

- Faktor sumber (SF)
- Frekuensi sumber (SN)
- Luas DAS sebelah hulu (RUA)
- Faktor simetri (SIM)
- Jumlah pertemuan sungai (JN)

Waktu Naik (TR)

Waktu naik (TR) adalah waktu yang diukur dari saat hidrograf mulai naik sampai waktu terjadinya debit puncak

$$TR = 0.43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1.0665SIM + 1.2775$$

Debit Puncak (QP)

Debit puncak adalah debit maksimum yang terjadi dalam suatu kasus tertentu

$$QP = 0.1836A^{0.5886} TR^{-0.4008} JN^{0.2381}$$

Waktu Dasar (TB)

Waktu dasar adalah waktu yang diukur dari saat hidrograf mulai naik sampai waktu dimana debit kembali pada suatu besaran yang ditetapkan.

$$TB = 27.4132TR^{0.1457} s^{-0.0986} SN^{0.7344} RUA^{0.2574}$$

Koefisien Tampung

Aliran Dasar (QB)

$$QB = 0.4751A^{0.6444} D^{0.9430}$$

METODE PENELITIAN

Survey Untuk Mendapatkan Data Sekunder

Survey ini untuk mendapatkan data-data sekunder yang mendukung data-data primer, seperti:

- a) Peta Hidrologi DAS Limboto
- b) Data Curah Hujan yang didapatkan dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi II Propinsi Gorontalo, dan curah hujan mencakup tiga stasiun yang ada di sekitar DAS Limboto yaitu Stasiun Alo (Ds. Datahu), Stasiun Pohu (Ds. Pilolalenga), dan Stasiun Biyonga (Ds. Biyonga).
- c) Data debit air sungai Meluopo.

TAHAPAN PENELITIAN

Berdasarkan studi kasus melalui survey atau pengamatan langsung di lapangan yang disertai dengan analisis berdasarkan metode-metode dan formula yang tersedia.

Analisis data terdiri atas :

1. Analisa curah hujan
Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan curah hujan rencana
2. Analisa debit banjir
Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan debit banjir rencana dengan berbagai periode kala ulang

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN ANALISIS CURAH HUJAN RENCANA

Data curah hujan harian maksimum yang digunakan dalam analisa ini bersumber dari periode pencatatan tahun 2003 s/d 2014. Dipilih pos hujan yang berada di sekitar DAS Limboto, yaitu Stasiun Alo, Stasiun Puhu, dan Stasiun Biyonga. Datanya dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Curah Hujan Rata Rata

Tabel 4.2 Curah hujan rata-rata dengan cara Rata-rata Aljabar

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)			Curah hujan rata-rata (mm)
	Sta. Alo	Sta. Puhu	Sta. Biyonga	
2003	43.16	46.53	52.30	47.33
2004	32.66	22.38	48.75	34.60
2005	27.79	24.06	40.75	30.87
2006	36.20	47.91	35.66	39.92
2007	39.41	40.10	55.16	44.89
2008	36.29	42.52	52.43	43.75
2009	18.20	39.11	35.75	31.02
2010	51.75	53.93	54.57	53.42
2011	31.15	42.72	33.87	35.91
2012	43.67	37.29	56.92	45.96
2013	36.75	47.88	45.01	43.21
2014	33.18	31.81	41.29	35.43

Sumber: hasil analisis

Dari hasil analisis perhitungan hujan rata-rata di atas, diperoleh curah hujan rata-rata maksimum terjadi pada tahun 2010 sebesar 53.42 mm.

Analisis Distribusi Peluang

Analisis hidrologi terhadap data curah hujan dilakukan untuk menetapkan besar curah hujan yang mungkin terjadi pada kala ulang tertentu. Akurasi hasil analisis tergantung seberapa besar suatu kurva frekuensi peluang tipe distribusi tertentu dapat mewakili suatu distribusi data pengamatan. Dalam penulisan ini, tipe distribusi yang akan digunakan adalah

distribusi Normal, log Normal, Gumbel, Pearson III dan log Pearson III

No	Tipe distribusi	Syarat parameter statistik	Parameter statistik data pengamatan	Keterangan
1	Normal	$C_s \approx 0$	$C_s \approx 0.174$	memenuhi
		$C_k \approx 3$	$C_k \approx 2.985$	
2	Log Normal	$C_{slog} \approx 3C_v$	$C_{slog} \approx -0.094$	Tidak memenuhi
			$C_v \approx 0.048$	
3	Gumbel	$C_s \approx 1,139$	$C_s \approx 0.174$	Tidak memenuhi
		$C_k \approx 5,4$	$C_k \approx 2.985$	

Sumber: hasil analisis

Catatan: Bila ketiga sebaran diatas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Pearson III atau Log Pearson III.

Berdasarkan hasil tinjauan parameter-parameter statistik data pengamatan terhadap syarat batas parameter statistik parameter distribusi di atas dapat disimpulkan bahwa tipe distribusi peluang yang mungkin sesuai adalah tipe distribusi Normal

ANALISA DEBIT BANJIR RENCANA

Untuk menghitung debit banjir rencana digunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) GAMA I yang dikembangkan oleh Sri Harto (1985). Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) GAMA I ini cocok untuk digunakan dalam menghitung debit banjir di seluruh DAS yang ada di Indonesia terutama pada lokasi Sungai Meluopo yang memiliki daerah tofografi berbukit dan kemiringan lereng yang curam

HSS Gama I

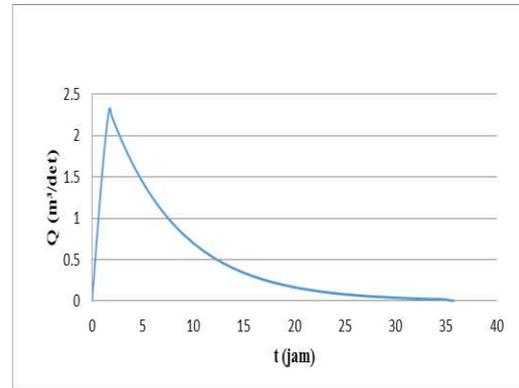
Untuk menghitung debit banjir rencana dengan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) GAMA I, perlu diketahui parameter-parameter DAS yang merupakan hasil analisis dari peta topografi dengan skala 1: 50000.

- a. Faktor Sumber (SF)
 $SF = 0.528$
- b. Frekuensi Sumber (SN)
 $SN = 0.517$
- c. Faktor Lebar (WF)
 Lebar DAS di hulu (W_U) = 2.01 km
 Lebar DAS di hilir (W_L) = 2.44 km
 $WF = 0.82$ km
- d. Luas DAS (A) = 20.45 km²
- e. Luas DAS sebelah hulu (RUA)
 Luas DAS sebelah hulu (A_U) =
 9.68 km²
 $RUA = 0.47$
- f. Faktor Simetri (SIM)
 $SIM = 0.390$
- g. Panjang Sungai Utama (L) = 13.84 km
- h. Slope Sungai Utama (s)
 ketinggian sungai di hulu = 3.84 m
 ketinggian sungai di hilir = 6.32 m
 $s = 0.00020$
- i. Kerapatan Jaringan Kuras (D)
 $D = 2.902$
- j. Jumlah Percabangan Sungai (JN)
 $JN = 60 - 1 = 59$

Setelah parameter-parameter DAS diketahui, selanjutnya dapat dihitung variabel-variabel pokok dalam Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) GAMA I sebagai berikut :

1. Waktu Naik (TR)
 nilai TR = 1.69 jam
2. Debit Puncak (QP)
 Diperoleh nilai QP = 2.32 m³/det
3. Waktu Dasar (TB)
 Diperoleh nilai TB = 34.41 jam
4. Koefisien Tampung
 Diperoleh nilai K = 6.84

5. Aliran Dasar (QB)
 $QB = 9.07$ m³/det
6. Hidrograf Debit (Qt)
 $Qt = Qp.Exp^{-((t-TR)/K)}$ (setelah TR = 1.69 jam)



Gambar 4.1. Hidrograf Satuan Sintetis Gama I

Dari Gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa hidrograf debit (Q_t) terbesar atau Q_t Puncak jatuh pada waktu ke- 1,69 jam. Mulai dari waktu 0-1.69 jam, Hidrograf debit terus meningkat dan mencapai Hidrograf Debit Puncak sebesar 2.32 m³/det. Setelah waktu naik (TR) 1,69 jam hidrograf debit mulai menurun dan menjadi nol kembali pada waktu 35,81 jam.

HUJAN JAM-JAMAN

Setelah mengetahui variabel-variabel pokok dalam HSS GAMA I, maka untuk menggambar lengkung hidrograf banjir digunakan persamaan Van Damm, tapi sebelumnya diperlukan hujan jam-jaman yang diubah dari hujan harian. Dengan menganggap distribusi hujan jam-jaman diambil dari hasil kajian yang telah dilakukan oleh Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada pada tahun 1986, yaitu hujan terjadi dalam 4 jam sebagai berikut :

Tabel 4.12. Distribusi hujan jam-jaman untuk hujan yang terjadi selama 4 jam

Jam ke-	1	2	3	4
Besar Hujan (%) (τ)	12.5	52.5	18	17

Sumber : Darmanto, 1990

Perhitungan distribusi hujan jam-jaman untuk hujan yang terjadi selama 4 jam untuk curah hujan dalam berbagai periode ulang selanjutnya dibuat dalam Tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13. Distribusi hujan jam-jaman untuk berbagai periode ulang

Kala ulang (tahun)	R24 (mm)	Distribusi Hujan Jam-jaman (mm)			
		Jam ke-1	Jam ke-2	Jam ke-3	Jam ke-4
2	40.53	5.066	21.276	7.295	6.889
5	46.44	5.805	24.380	8.359	7.895
10	49.54	6.192	26.006	8.916	8.421
25	53.48	6.685	28.076	9.626	9.091
50	54.96	6.870	28.852	9.892	9.343
100	56.93	7.116	29.887	10.247	9.678

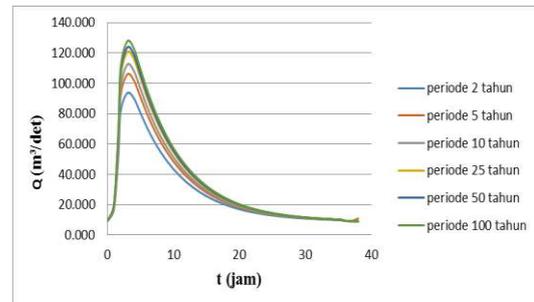
Untuk Distribusi hujan jam-jaman berbagai periode ulang di atas, dapat disimpulkan bahwa hujan terbesar semuanya terjadi pada jam ke-2 untuk semua kala ulang. Hujan mulai naik dari jam pertama kemudian mencapai puncak pada jam ke-2 dan mulai menurun pada jam ke-3 dan jam ke-4

Hidrograf banjir

Tabel Hidrograf banjir untuk periode ulang 2,5,10,25,50,100 tahun dapat dilihat pada Lampiran A. Hasil perhitungan Debit Banjir rencana dengan metode HSS GAMA I dengan berbagai periode ulang Dapat dilihat pada Tabel 4.14 bawah ini.

Tabel 4.14. Debit banjir rencana untuk berbagai periode ulang

Periode Ulang (tahun)	Debit Banjir Rencana (m^3/det)
2	93.43
5	105.74
10	112.18
25	120.39
50	123.47
100	127.57



Gambar 4.14. Hidrograf debit banjir rencana dengan berbagai periode ulang

Dari Tabel dan Gambar di atas dapat disimpulkan bahwa besarnya Debit banjir rencana Sungai Meluopo dengan berbagai periode ulang adalah periode ulang 2 tahun sebesar $Q=93.43 m^3/det$, periode ulang 5 tahun sebesar $Q=105.74 m^3/det$, periode ulang 10 tahun sebesar $Q=112.18 m^3/det$, periode ulang 25 tahun sebesar $Q=120.39 m^3/det$, periode ulang 50 tahun sebesar $Q=123.47 m^3/det$, periode ulang 100 tahun sebesar $Q=127.57 m^3/det$.

ANALISIS PENGENDALIAN BANJIR

Pengendalian banjir Sungai Meluopo dilakukan untuk mereduksi dan menanggulangi limpasan yang terjadi akibat debit banjir rencana dengan berbagai periode ulang, melalui alternatif upaya struktural, antara lain : pembuatan/ peninggian tanggul banjir dengan menggunakan revetmen, bronjong dialur Sungai dikarenakan kondisi

bantaran yang sudah sempit dibagian hilir dan kondisi area Sungai yang sudah menjadi bagian dari infrastruktur yang terdiri dari jalan transportasi, permukiman warga, lahan pertanian, dll sehingga tidak dimungkinkan untuk pekerjaan penanggulangan menggunakan tanah

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis debit banjir dengan menggunakan metode HSS GAMA 1 Debit banjir Sungai Meluopo dengan berbagai periode ulang adalah sebagai berikut:

Periode ulang 2 tahun sebesar $Q = 93.43 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 5 tahun sebesar $Q = 105.74 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 10 tahun sebesar $Q = 112.18 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 25 tahun sebesar $Q = 120.39 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 50 tahun sebesar $Q = 123.47 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 100 tahun sebesar $Q = 127.57 \text{ m}^3/\text{det}$.

SARAN

Dengan memperhatikan debit banjir rencana yang sangat tinggi dan kapasitas penampang Sungai yang kurang memadai, maka diharapkan bagi pemerintah untuk segera merealisasikan penuntasan pembuatan bangunan pengendalian banjir, serta peningkatan kapasitas alur sungai dengan normalisasi Sungai yang telah menjadi program pemerintah daerah selama ini.

DAFTAR PUSTAKA

Chay A, 2002, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Chow, 1989, *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*, Erlangga, Jakarta.

Kamiana, I.M, 2011 “*Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*”, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Loebis, dkk, 1993, *Hidrologi Sungai*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta

Soemarto, C.D, 1999, *Hidrologi Teknik*, Erlangga Jakarta

Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Nova, Bandung.

Sosrodarsono, S, 2003, *Hidrologi Untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Sri Harto, 1993, *Analisa Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta

Triatmodjo, B, 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta

Wesli, 2008, *Drainase Perkotaan*, Graha Ilmu, Yogyakarta

Wilson, E, M 1993, *Hidrologi Teknik*, Edisi ke-4, ITB, Bandung.