

Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan

Anik Sarminingsih

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

E-mail: anikharieka@gmail.com

Abstrak

Debit banjir rancangan merupakan salah satu parameter perencanaan bangunan air. Besaran debit banjir rancangan akan sangat berpengaruh pada dimensi serta tingkat stabilitas struktur bangunan. Rencana embung Coyo terletak di sungai Lampis, secara administrasi berada di antara desa Sidorejo dan desa Mlowokarangtalun kecamatan Pulokulon Kabupaten Grobogan. Untuk merencanakan dimensi bangunan pengelak digunakan Q_{25th} , sementara untuk bangunan pelimpah digunakan Q_{100th} . Tidak tersedianya data debit pengamatan pada lokasi kajian mengakibatkan analisis debit banjir dilakukan dengan model hujan-limpasan berdasarkan karakteristik DAS. Adanya fungsi tampungan maka diperlukan banjir rancangan dalam bentuk hidrograf. Beberapa metode analisis hidrograf yang sering digunakan di Indonesia di antaranya model Hidrograf satuan sintetik (HSS) Snyder dan HSS Nakayasu. Pemilihan besaran debit banjir dengan membandingkan hasil analisis dari berbagai metode tersebut dengan kapasitas penampang sungai (full bank capacity), dengan debit rencana kala ulang 2-5 tahun. Berdasarkan hujan rancangan dan karakteristik DAS Coyo dengan luas $69,56 \text{ km}^2$, metode analisis debit banjir yang paling sesuai adalah HSS Nakayasu. Besarnya debit banjir rancangan $Q_{25th} = 255,31 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $Q_{100th} = 327,70 \text{ m}^3/\text{det}$.

Kata kunci: banjir rancangan, kala ulang, hidrograf satuan sintetis

Abstract

Design of flood discharge is one of important parameter in planning of water structures. The magnitude of the design flood discharge will greatly affect the dimensions and the degree of stability of the structure. The Coyo dam plan is located in the Lampis river, administratively located between Sidorejo village and Mlowokarangtalun village, Pulokulon district, Grobogan district. To plan the dimension of diversion channel used Q_{25th} , while for building spillway used Q_{100th} . Unavailability of observational discharge data at the study site resulted in flood discharge analysis carried out with rainfall-runoff model based on watershed characteristics. The existence of the function of the flood hence required a design flood in the form of hydrograph. Several methods of hydrograph analysis are often used in Indonesia, among them are the synthetic unit Hydrograph (HSS) model of Snyder and HSS Nakayasu. Selection of flood discharge quantities by comparing the results of the analysis of the various methods with the full bank capacity, with the capacity of the discharge between the return period 2-5 years. Based on the rainfall design and characteristics of the Coyo basin with area of 69.56 km^2 , the most suitable flood discharge analysis method is HSS Nakayasu. The design flood discharge is $Q_{25th} = 255,31 \text{ m}^3/\text{s}$, and $Q_{100th} = 327,70 \text{ m}^3/\text{s}$.

Keywords: design flood, reordering, synthetic unit hydrograph

PENDAHULUAN

Analisa debit banjir digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu DAS. Debit banjir rencana merupakan debit maksimum rencana di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan stabilitas sungai. Dalam perencanaan bangunan air, salah satu parameter disain yang sangat penting adalah besaran debit banjir kala ulang tertentu. Dalam perencanaan embung debit banjir digunakan sebagai dasar menentukan dimensi bangunan pengelak (diversion) saat pelaksanaan dan juga

bangunan pelimpah (spillway). Dalam perencanaan bangunan pengelak digunakan debit banjir kala ulang 25 th, sementara untuk pelimpah digunakan debit banjir kala ulang 100th. Penentuan debit banjir rancangan idealnya dilakukan melalui data historis kejadian banjir, namun pada kasus tertentu sering digunakan melalui pendekatan hujan rancangan, sehingga sudah menjadi suatu keharusan bagaimana menentukan hujan rancangan jika data debit yang tersedia terbatas atau tidak ada. Seperti halnya DAS Coyo, dalam kajian ini tidak terdapat data pengamatan muka air (debit) sehingga analisis debit banjir digunakan model hujan-

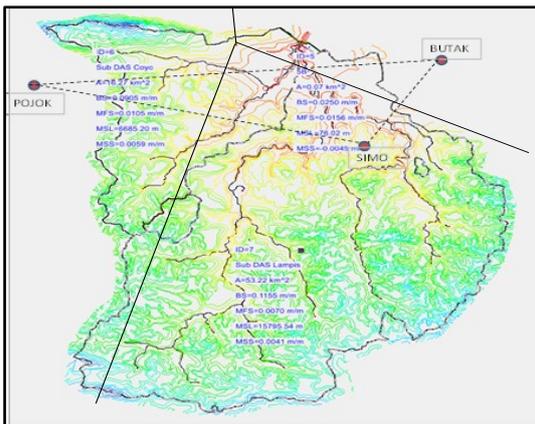
limpasan. Data yang diperlukan adalah data curah hujan serta karakteristik fisik DAS. Besaran curah hujan rancangan digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rencana baik secara rasional, empiris maupun statistik.

Rencana Embung Coyo, posisi as embung rencana terletak antara desa Mlowokarangtalun dan desa Sidorejo, kecamatan Pulokulon kabupaten Grobogan. Topografi lokasi embung cukup datar. Material dasar sungai berupa endapan alluvial. Tebing sungai rentan terhadap potensi longsor. Penggunaan lahan mayoritas berupa daerah pertanian sawah tadah hujan, pertanian lahan kering, permukiman dan sebagian kecil berupa sawah irigasi teknis.

Tabel 1. Karakteristik morfometri DAS Coyo

No	Luas (km ²)	Panjang Sungai (m)	Slope Maks. Sungai (m/m)
Sub DAS Coyo	16,27	6685	0,0059
Sub DAS K. Lampis	53,22	15795	0,0041
Remaining CA	0,07	76	0,0045
Total DAS Coyo	69,56	22556	0,004833

Luas DAS Embung Coyo sebesar 69,56 km² yang terdiri dari dua sub DAS yakni Sub DAS Coyo dan Sub DAS Lampis. Kapasitas palung sungai di lokasi as embung sekitar 160 m³/dt. Untuk jelasnya karakteristik morfometri DAS di lokasi embung Coyo disajikan pada **Tabel 1** dan **Gambar 1**.



Gambar 1. Karakteristik DAS dan Posisi pos hujan DAS Coyo

Data hujan tersedia dari 3 (tiga) pos hujan terdekat. Stasiun hujan yang diidentifikasi berpengaruh di DAS Embung Coyo yaitu Pos Hujan Butak, Pos Hujan Pojok dan Pos Hujan Simo. Data hujan tersebut diperoleh dari Dinas PSDA Propinsi

Jawa Tengah. Data hujan yang dikumpulkan adalah data hujan pada 10 tahun terakhir (2005-2014). Ketersediaan data hujan pada pos hujan tersebut cukup lengkap, berupa hujan harian. Posisi koordinat pos hujan ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Posisi Pos Hujan DAS Coyo

No	Stasiun Hujan	Letak Geografis	
		Garis Lintang	Garis Bujur
1	Butak	513007,3677	9207041,5537
2	Pojok	503477,6711	9207041,5537
3	Simo	510706,0627	9203995,8435

• *Sumber : Dinas PSDA Propinsi Jateng, 2016*

Dalam analisis debit banjir data yang digunakan adalah data hujan harian maksimum. Hujan maksimum yang digunakan adalah hujan maksimum harian rata-rata dari ke tiga pos hujan yang tersedia. Hujan harian maksimum rata-rata DAS diperoleh dengan cara berikut (Suripin, 2004) :

- Tentukan hujan harian maksimum pada tahun tertentu di salah satu pos hujan
- Cari besarnya curah hujan pada tanggal-bulan-tahun yang sama untuk pos hujan yang lain
- Hitung hujan DAS dengan salah satu cara menghitung hujan wilayah (rata-rata aljabar, polygon Thiessen atau Isohyet)
- Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain
- Ulangi langkah 2 dan 3 untuk setiap tahunnya.

Mengikuti tahapan seperti diuraikan tersebut, maka hujan harian maksimum dari ke tiga pos hujan telah dihitung. Perhitungan hujan wilayah digunakan metode Poligon Thiessen (**Gambar 1**).

Tabel 3. Hujan Wilayah DAS Coyo (mm)

Tahun	Pojok	Butak	Simo	Hujan Wilayah
Faktor Thiessen	0,14	0,04	0,82	
2005	87	121	122	117.06
2006	98	104	105	103.98
2007	204	166	204	202.48
2008	80	108	83	83.58
2009	94	153	117	115.22
2010	102	122	130	125.76
2011	112	81	99	100.10
2012	77	99	103	99.20
2013	134	161	130	131.80
2014	82	144	100	99.24

Metode Poligon Thiessen dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luas

lahan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak (Suripin, 2004).

Berdasarkan Poligon Thiessen tersebut di atas selanjutnya dapat dihitung luas wilayah masing-masing areal yang dipengaruhi oleh masing-masing stasiun hujan sebagaimana dan besarnya hujan wilayah DAS Coyo seperti ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Pembangunan embung sebagai upaya memenuhi kebutuhan air masyarakat sangat diperlukan keberadaannya. Diperlukan perencanaan yang baik termasuk menentukan parameter perencanaan salah satunya berupa debitbanjir rencana yang sesuai dengan kondisi DAS serta hujan yang ada. Hal ini mengingat bangunan embung selain bermanfaat namun juga menyimpan potensi bahaya (dengan tampungan air yang besar). Pemilihan metode analisis menjadi penting karena hasil besaran banjir beberapa metode tidak akan sama. Metode yang dipilih yang memberikan hasil yang sesuai dengan kapasitas sungai di mana bangunan direncanakan.

METODOLOGI PENELITIAN

Analisis Hujan Rencana

Hujan rencana merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi. Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan berurutan sebagai berikut.

- Parameter Statistik
- Pemilihan Jenis Metode
- Uji kebenaran Sebaran
- Perhitungan Hujan Rencana

Parameter Statistik

Pada kenyataannya bahwa tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Variasi atau dispersi adalah besarnya derajat atau besaran varian di sekitar nilai rata-ratanya. Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata (X). Standar deviasi (Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien kemiringan / skewness (Cs), dan koefisien kurtosis (Ck). Adapun caranya sebagai berikut :

a) Deviasi Standar (S)

Jumlah aljabar dari penyimpangan harga variasi terhadap harga rata-rata selalu akan sama dengan nol, oleh karenanya tidak ada gunanya untuk mencarinya. Harga rata-rata dari penyimpangan, yang dinamakan keragaman (variance) adalah yang terbaik sebagai parameter dispersi. Besarnya

keragaman sample dihitung dari keragaman populasi dengan memasukkan koreksi Bessel, yaitu (Soemarto, 1987) :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1)$$

Dimana :

- Sd = Standar Deviasi
- \bar{X} = Tinggi hujan rata – rata selama n tahun (mm)
- Xi = Tinggi hujan di tahun ke ... (mm)
- n = Jumlah tahun pencatatan data hujan

b) Koefisien Variasi

$$CV = \frac{Sd}{\bar{X}} \quad (2)$$

dimana :

- CV = koefisien varian
- \bar{X} = nilai rata-rata varian
- Sd = deviasi standar

c) Koefisien Skewness (CS)

Kemencengan (skewness) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad (3)$$

dimana :

- CS = koefisien skewness
- Xi = nilai varian ke i
- \bar{X} = nilai rata-rata varian
- n = jumlah data
- Sd = deviasi standar

d) Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$CK = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4}{S^4} \quad (4)$$

dimana :

- CK = koefisien kurtosis
- Xi = nilai varian ke i
- \bar{X} = nilai rata-rata varian
- n = jumlah data
- S = deviasi standar

Pemilihan jenis sebaran bisa diindikasikan dengan membandingkan koefisien distribusi

dari metode yang akan digunakan, seperti Tabel 4.

Tabel 4. Indikator Jenis Sebaran

Jenis Distribusi	Syarat
Normal	$Cs \approx 0$
	$Ck = 3$
Gumble	$Cs \leq 1,1396$
	$Ck \leq 5,4002$
Log Normal	$Cs \approx 3Cv + Cv^2 = 3$
	$Ck = 5,383$
Log Pearson III	$Cs \neq 0$

Sumber : C.D. Soemarto

Pengujian Distribusi

Masing-masing distribusi memiliki sifat-sifat khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing distribusi tersebut. Ada dua jenis uji keselarasan (*Goodness of Fit Test*), yaitu uji keselarasan *Chi Square* dan *Smirnov Kolmogorof*. Pada tes ini biasanya yang diamati adalah nilai hasil perhitungan yang diharapkan.

Pengujian kecocokan sebaran dengan *Smirnov-Kolmogorov* dinilai lebih sederhana dibanding dengan pengujian dengan cara *Chi-Square*. Dengan membandingkan kemungkinan (*probability*) untuk setiap varian, dari distribusi empiris dan teoritisnya, akan terdapat perbedaan (Δ) tertentu (Soewarno, 1995).

Apabila harga Δ_{max} yang terbaca pada kertas probabilitas kurang dari Δ_{kritis} untuk suatu derajat nyata dan banyaknya varian tertentu, maka dapat disimpulkan bahwa penyimpangan yang terjadi disebabkan oleh kesalahan-kesalahan yang terjadi secara kebetulan (Soewarno, 1995).

Distribusi Probabilitas

1. Distribusi Normal

Perhitungan dengan distribusi normal secara praktis dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + z.s \quad (5)$$

dengan : X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun,
 \bar{X} = nilai rata-rata hitung variat,
 s = deviasi standar nilai variat,
 z = faktor frekuensi dari distribusi normal (tabel z untuk distribusi normal), merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik

distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

2. Distribusi Log Normal

Jika $Y = \log X$, maka perhitungan dengan distribusi normal secara praktis dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y_T = \bar{Y} + z.s \quad (6)$$

dengan Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun,

\bar{Y} = nilai rata-rata hitung variat,
 s = deviasi standar nilai variat,
 z = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

3. Distribusi Log-Pearson III

Jika $Y = \log X$, maka perhitungan dengan distribusi normal secara praktis dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

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

dengan Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun,

\bar{Y} = nilai rata-rata hitung variat,
 s = deviasi standar nilai variat,
 K_T = faktor frekuensi (tabel nilai K_T untuk distribusi log pearson III), nilai K_T ini tergantung dari koefisien kemencengan (*skewness*) dan probabilitasnya.

4. Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan rencana menurut metode Gumbel, mempunyai perumusan sebagai berikut:

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

dengan X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun,

\bar{Y} = nilai rata-rata hitung variat,
 s = deviasi standar nilai variat,
 K = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad (9)$$

Dengan Y_n = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data n,

S_n = reduced standard deviation yang juga tergantung pada jumlah sampel/data n ,
 Y_{Tr} = reduced variate, yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y_{Tr} = -L_n \left\{ -L_n \left[\frac{T_r - 1}{T_r} \right] \right\} \quad (10)$$

Dengan T_r = kala ulang.

Pola Agihan Hujan

Pencatatan hujan biasanya dilakukan dalam satuan waktu harian, jam-jaman atau menit. Pencatatan biasanya dilakukan dengan interval waktu pendek supaya distribusi hujan selama terjadinya hujan dapat diketahui. Distribusi hujan yang terjadi digunakan sebagai masuk untuk mendapatkan hidrograf aliran.

Dalam studi ini untuk menentukan pola agihan hujan secara empiris digunakan cara Modified Mononobe, dikarenakan tidak tersedia data hujan durasi pendek (jam-jaman). Rumus pola agihan hujan seperti berikut :

$$Rt = \frac{(T/t)^{2/3}}{T} \quad (11)$$

Dimana :

- T = durasi hujan (jam), dalam kajian ini digunakan 6 jam
- t = lamanya hujan (jam)
- R_t = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

1. HSS Snyder

Parameter yang dikembangkan dalam metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder terdiri dari empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan berikut.

$$T_p = C_t (L L_c)^{0,3} \quad (12)$$

$$Q_p = C_p A / t_p \quad (13)$$

$$T = 3 + (t_p / 8) \quad (14)$$

$$T_D = t_p / 5,5 \quad (15)$$

Apabila durasi hujan efektif tr tidak sama dengan durasi standar T_D , maka:

$$T_p R = t_p + 0,25 (t_r - t_D) \quad (16)$$

$$Q_p R = Q_p t_p / t_p R \quad (17)$$

dengan:

- tD : durasi standar dari hujan efektif (jam)
- tr : durasi hujan efektif (jam)

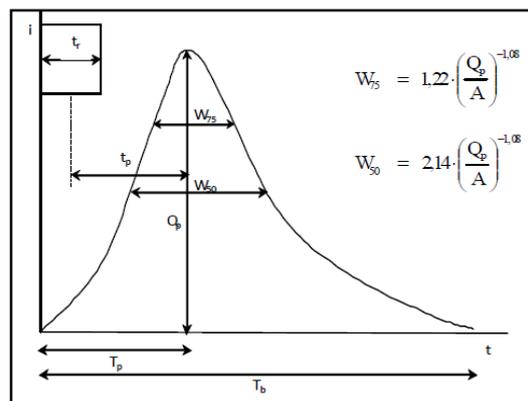
- tp : waktu dari titik berat durasi hujan efektif T_D ke puncak hidrograf satuan (jam)
- tpR : waktu dari titik berat durasi hujan tr ke puncak hidrograf satuan (jam)
- T : waktu dasar hidrograf satuan (hari)
- Qp : debit puncak untuk durasi tD
- QpR : debit puncak untuk durasi tr
- L : panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km)
- Lc : jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)
- A : luas DAS (km²)
- Ct : koefisien yang tergantung kemiringan DAS, yang bervariasi dari 1,4 sampai 1,7
- Cp : koefisien yang tergantung pada karakteristik DAS, yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,19

Dengan menggunakan rumus-rumus tersebut di atas dapat digambarkan hidrograf satuan. Untuk memudahkan penggambaran, berikut ini diberikan beberapa rumus:

$$W_{50} = \frac{0,23 A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \quad (18)$$

$$W_{75} = \frac{0,13 A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \quad (19)$$

Dengan W_{50} dan W_{75} adalah lebar unit hidrograf pada debit 50% dan 75% dari debit puncak, yang dinyatakan dalam jam. Sebagai acuan, lebar W_{50} dan W_{75} dibuat dengan perbandingan 1:2; dengan sisi pendek di sebelah kiri dari hidrograf satuan seperti pada **Gambar 2** (Triatmodjo, 2006).



Gambar 2. Bentuk Umum HSS Snyder

2. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Hidrograf satuan sintetis Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti :

- a) Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)

- b) Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
 c) Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
 d) Luas daerah aliran sungai
 e) Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)

Bentuk persamaan HSS Nakayasu adalah

$$Qp = \frac{CA \cdot Ro}{3,6(0,3Tp + T_{0,3})} \quad (20)$$

dengan :

- Qp = debit puncak banjir (m³/dt)
 Ro = hujan satuan (mm)
 Tp = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir(jam)
 $T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)
 CA = luas daerah pengaliran sampai outlet (km²)

Untuk menentukan Tp dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$Tp = tg + 0,8 tr \quad (21)$$

$$T_{0,3} = \alpha tg \quad (22)$$

$$Tr = 0,5 tg \text{ sampai } tg \quad (23)$$

tg adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam). tg dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

- sungai dengan panjang alur $L > 15$ km : $tg = 0,4 + 0,058 L$
- sungai dengan panjang alur $L < 15$ km : $tg = 0,21 L^{0,7}$

Perhitungan $T_{0,3}$ menggunakan ketentuan:

- $\alpha = 2$ pada daerah pengaliran biasa
- $\alpha = 1,5$ pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat
- $\alpha = 3$ pada bagian naik hidrograf cepat, dan turun lambat

Pada waku naik : $0 < t < Tp$

$$Qa = (t/Tp)^{2,4} \quad (24)$$

dimana Qa adalah limpasan sebelum mencapai debit puncak (m³/dt)

Pada kurva turun (*decreasing limb*) :

- a) selang nilai : $0 \leq t \leq (Tp + T_{0,3})$ (25)

$$Qd_1 = Qp \cdot 0,3^{\frac{(t-Tp)}{T_{0,3}}} \quad (26)$$

- b) selang nilai : $(Tp + T_{0,3}) \leq t \leq (Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Qd_2 = Qp \cdot 0,3^{\frac{(t-Tp+0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}} \quad (27)$$

- c) selang nilai : $t > (Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Qd_3 = Qp \cdot 0,3^{\frac{(t-Tp+1,5T_{0,3})}{2T_{0,3}}} \quad (28)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hujan Rancangan

Berdasarkan hujan wilayah seperti **Tabel 3**, serta menggunakan analisis statistik seperti diuraikan di atas, maka diperoleh parameter statistik seperti dirangkum pada **Tabel 5**.

Menggunakan parameter statistik seperti ditunjukkan pada **Tabel 5**, selanjutnya bisa dihitung besarnya probabilitas hujan rancangan menggunakan berbagai distribusi frekuensi. Pemilihan distribusi yang sesuai dilakukan dengan uji kesesuaian distribusi menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov. Hasilnya seperti ditunjukkan pada **Tabel 6**.

Dari hasil pengujian distribusi menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov terlihat delta kritis (Δ_{critic}) tabel Smirnov-Kolmogorov untuk $n=11$ dan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ sebesar 39.10. Sementara masing-masing distribusi teoritis dibandingkan dengan distribusi empiris (data) menunjukkan perbedaan maksimum (Δ_{max}) sebesar 14.84%, yang diperoleh pada distribusi Normal. Sehingga secara umum data hujan DAS Coyo bisa digunakan semua type distribusi. Namun jika dibandingkan dengan parameter statistik untuk distribusi probabilitas maka distribusi yang sesuai adalah Log Normal, dengan nilai $Ck = 5.83960$. Sementara dengan nilai skewness Cs yang tidak sama dengan 0, maka data tidak sesuai jika digunakan distribusi Normal.

Tabel 5. Parameter Statistik Hujan Wilayah DAS Coyo

Parameter	Data Asli	Data Logaritma
Rata-2	115,58	4,72
Standev	32,19	0,24
Variasi, z	0,28	0,05
z^2	0,65	
Skew	2,21	1,58
Kurtosis (Ck)	5,84	3,45
Yn	0,49960	
Sn	0,96760	

Mengacu pola agihan hujan menggunakan persamaan (11) dan hujan rancangan hasil analisis frekuensi metode distribusi Log Normal seperti **Tabel 6**, maka distribusi hujan selama 6 jam untuk berbagai kala ulang ditunjukkan pada **Tabel 7**. Data hujan jam-jaman ini selanjutnya sebagai input dalam analisis hidrograf satuan sintetis.

Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Berdasarkan Model HSS Snyder

Parameter dan analisis HSS Snyder di DTA Embung Coyo :

- Luas Luas DAS $A = 69,56 \text{ km}^2$
- Panjang sungai Utama $L = 15,795 \text{ km}$
- Jarak antara titik berat DAS ke outlet, $L_c = 9,477 \text{ km}$
- Koefisien tergantung kemiringan DAS $C_t = 2,5$
- Koefisien karakteristik DAS, $C_p = 1,25$
- Durasi hujan efektif $t_r = 2,042 \text{ Jam}$
- Waktu dari titik berat durasi hujan efektif $t_p = 11,233 \text{ Jam}$
- Debit Puncak $Q_p = 2,084 \text{ m}^3/\text{dt}$

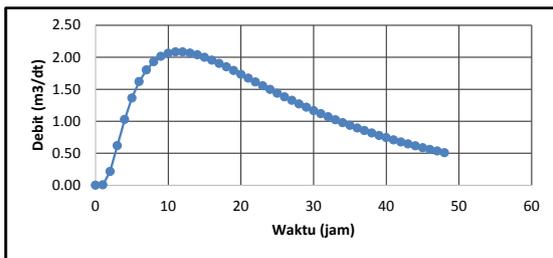
Untuk menggambarkan hidrograf satuan digunakan persamaan Alexeyev

$$\lambda = (Q_p \cdot T_p) / (h \cdot A) = 0.343,$$

$$\text{dan } a = 1.32 \cdot \lambda^2 + 0.15 \cdot \lambda + 0.045 = 0.253$$

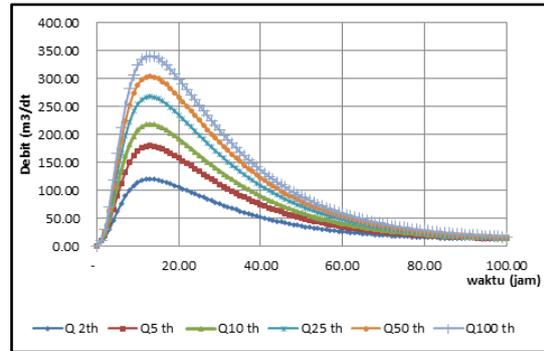
sehingga hidrograf satuan bisa digambarkan seperti **Gambar 3**.

Menggunakan konsep konvolusi hidrograf maka bisa dihitung debit banjir untuk besaran hujan dari kala ulang 2 tahun hingga 100 th. Hasil analisis hidrograf banjir di DTA Embung Coyo menggunakan metode HSS Snyder ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 3. HSS Snyder Embung Coyo

Berdasarkan karakteristik DAS dan distribusi hujan rancangan seperti **Tabel 7**, diperoleh parameter hidrograf satuan sintetis Snyder berupa waktu puncak banjir $T_p = 11,472 \text{ jam}$, debit puncak unit hidrograf $Q_p = 2,084 \text{ m}^3/\text{dt}$. Menggunakan hujan rencana berbagai kala ulang, dengan proses konvolusi hidrograf diperoleh debit banjir rencana kala ulang $Q_{25} = 277,31 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $Q_{100} = 345,37 \text{ m}^3/\text{dt}$. Besaran debit banjir rencana untuk kala ulang yang lain ditunjukkan pada **Tabel 8**.



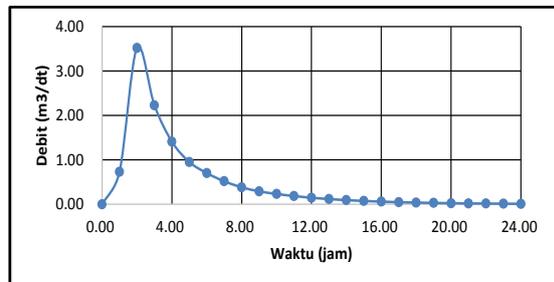
Gambar 4. Hidrograf Banjir DAS Embung Coyo dengan Metode Snyder

Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Berdasarkan Model HSS Nakayasu

Hasil analisis parameter hidrograf satuan sintetis Nakayasu DAS Embung Coyo

- Q_p : Debit puncak banjir = $3,60 \text{ m}^3/\text{s}$
- A : luas DAS (km^2) = $69,56$
- R_e : curah hujan efektif (mm) = 1
- T_p : Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf banjir (jam) = $1,948$
- $T_{0.3}$: Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak banjir (jam) = $2,63$
- t_g : Waktu konsentrasi (jam) = $1,36$
- T_r : Satuan waktu curah hujan (jam) = $0,79$
- α : koefisien karakteristik DAS = 2
- L : Panjang sungai utama (Km) = $15,8$

Menggunakan data seperti yang digunakan pada metode HSS Snyder, hasil analisis parameter hidrograf banjir menggunakan metode HSS Nakayasu, berupa waktu puncak banjir $T_p = 1,948 \text{ jam}$, debit puncak unit hidrograf Nakayasu $Q_p = 3,60 \text{ m}^3/\text{s}$ (**Gambar 5**). Juga dengan menggunakan distribusi hujan berbagai kala ulang dan proses konvolusi hidrograf diperoleh debit banjir rencana kala ulang $Q_{25} = 255,31 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $Q_{100} = 327,70 \text{ m}^3/\text{dt}$, sementara debit banjir rencana untuk kala ulang yang lain seperti ditunjukkan pada **Tabel 8** pada **Gambar 6**.



Gambar 5. HSS Nakayasu Embung Coyo

Tabel 6. Hujan Rancangan Berbagai Distribusi Probabilitas di DAS Coyo

Return Period (T Years)	t	Probability Distribution				
		Normal	Log Normal	Gumbel Extremal Type I	Pearson Type III	Log Pearson Type III
2	0,0000	115,58	107,61	111,16	105,41	106,05
5	0,8416	142,68	134,55	148,87	133,78	131,76
10	1,2816	156,84	154,97	173,83	156,13	153,49
25	1,7507	171,94	183,46	205,38	186,74	186,80
50	2,0537	181,70	206,54	228,78	210,64	216,36
100	2,3263	190,48	231,14	252,01	235,14	250,50
Maximum Deviation		14,84	10,21	14,45	13,40	12,30
Critical Delta (Sig. Level 5 %)		39,10	39,10	39,10	39,10	39,10

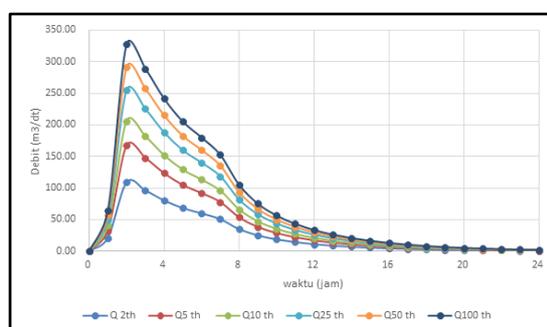
Tabel 7. Distribusi Hujan Rencana Embung Coyo

Jam	Distribusi Hujan Rancangan dan Kala Ulang						
	%	R ₂ Th	R ₅ Th	R ₁₀ Th	R ₂₅ Th	R ₅₀ Th	R ₁₀₀ Th
1	55,03	59,22	74,05	85,28	100,96	113,66	127,20
2	14,30	15,39	19,25	22,17	26,24	29,54	33,06
3	10,03	10,80	13,50	15,55	18,41	20,72	23,19
4	7,99	8,60	10,75	12,38	14,65	16,50	18,46
5	6,75	7,26	9,08	10,45	12,38	13,93	15,59
6	5,90	6,34	7,93	9,14	10,82	12,18	13,63
Hujan Harian (mm/hari)		107,61	134,55	154,97	183,46	206,54	231,14

Hasil analisis debit banjir menggunakan metode hidrograf satuan sintesis (HSS) Snyder dan HSS Nakayasu memberikan hasil yang relatif sama. Hal ini dikarenakan untuk mendapatkan besaran debit yang sesuai digunakan acuan kapasitas alur sungai (*full bank capacity*) yang pada umumnya besarnya setara dengan debit banjir kala ulang 2-5 tahunan. Untuk itu dalam penentuan parameter hidrograf difokuskan diperoleh debit puncak banjir kala ulang 2-5 tahun yang besarnya sekitar 160 m³/dt.

Dengan demikian nilai debit banjir ke dua metode bisa hampir sama. Dilihat dari waktu puncak banjir (*time to peak*, T_p) dimana HSS Snyder T_p = 11,233 jam atau kecepatan air sekitar 0,39 m/dt, Sementara waktu puncak banjir dengan HSS Nakayasu T_p = 1,948 jam sehingga kecepatan aliran sekitar 2,25 m/det. Memperhatikan kecepatan aliran yang mungkin pada kondisi banjir, dimana terjadi pengikisan tebing sungai yang berupa material aluvial, maka kecepatan air dipastikan cukup besar. Dengan kecepatan aliran sekitar 0,39 m/dt maka tidak mampu menggerus, bahkan potensi terjadi endapan.

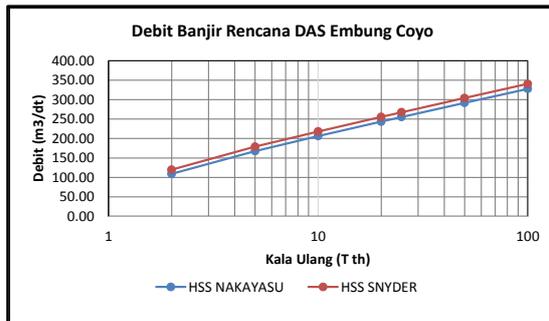
Sementara dengan kecepatan aliran lebih dari 2 m/dt, aliran cukup deras mampu mengerosi material dasar sungai hingga butiran kerikil, hal ini juga terlihat adanya longsoran tebing di beberapa ruas sungai. Untuk itu hidrograf banjir yang sesuai dengan karakteristik hujan dan morfometri DAS Coyo adalah hasil dari HSS Nakayasu.

**Gambar 6.** Hidrograf Banjir DAS Embung Coyo dengan Metode Nakayasu

Besaran debit banjir rancangan dari kedua metode dirangkum pada Tabel 8 dan **Gambar 7**.

Tabel 8. Perbandingan besaran debit Banjir berdasarkan metode HSS Snyder dan HSS Nakayasu (m³/det)

Kala Ulang	HSS NAKAYASU	HSS SNYDER
2	109,05	167,00
5	167,59	206,59
10	206,35	236,26
25	255,31	277,31
50	291,64	310,34
100	327,70	345,37



Gambar 7. Perbandingan Debit Banjir Rencana dengan HSS Snyder dan HSS Nakayasu

Dilihat dari waktu puncak banjir (*time to peak*, T_p) dimana HSS Snyder $T_p = 11,233$ jam atau kecepatan air sekitar 0,39 m/dt, Sementara waktu puncak banjir dengan HSS Nakayasu $T_p = 1,948$ jam sehingga kecepatan aliran sekitar 2,25 m/det. Memperhatikan kecepatan aliran yang mungkin pada kondisi banjir, dimana terjadi pengikisan tebing sungai yang berupa material aluvial, maka kecepatan air dipastikan cukup besar. Dengan kecepatan aliran sekitar 0,39 m/dt maka tidak mampu menggerus, bahkan potensi terjadi endapan. Sementara dengan kecepatan aliran lebih dari 2 m/dt, aliran cukup deras mampu mengerosi material dasar sungai hingga butiran kerikil, hal ini juga terlihat adanya longsor tebing di beberapa ruas sungai. Untuk itu hidrograf banjir yang sesuai dengan karakteristik hujan dan

morfometri DAS Coyo adalah hasil dari HSS Nakayasu.

KESIMPULAN

Analisis banjir rencana di lokasi rencana embung Coyo menggunakan HSS Snyder dan HSS Nakayasu menghasilkan debit puncak yang hampir sama untuk berbagai kala ulang, dimana perbedaan debit banjir sekitar 10%. Untuk itu meskipun besar debit puncak banjir dari ke dua metode hampir sama, namun hidrograf banjir yang dipilih adalah hasil dari metode HSS Nakayasu, dimana waktu puncak banjir yang lebih sesuai dengan karakteristik DAS Coyo. Pemilihan bentuk hidrograf ini akan sangat berpengaruh pada penelusuran (*routing*) tampungan embung dalam penentuan lebar pelimpah maupun saluran pengelak, dimana hasil routing berupa elevasi muka air rencana digunakan menentukan elevasi puncak embung maupun *cofferdam*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo, 2008, Hidrologi Terapan, Beta offset, Yogyakarta.
- Bedient, P, B, and W,C, Huber. 1992. *Hydrology and Floodplan Analysis*, Addison-Wesley Publishing Company, USA.
- Chow, V,T,, Maidment, D,R,, and Mays, L,W, .1988. *Applied Hydrology*, Mc Graw-Hill, Singapore.
- I Made Kamiana. 2010. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Mutreja, K,N. 1986. *Applied Hydrology*, Tata Mc Graw-Hill, New Delhi,
- Ponce, V, M, 1989, *Engineering Hidrology Principles and Practice*, Prentice Hall, New Jersey.
- Soemarto, C,D, .1986. Hidrologi Teknik, Usaha Nasional, Surabaya.
- Soewarno, .1995. Hidrologi – Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid II, Nova, Bandung.
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan, ANDI, Yogyakarta.