

ANALISIS BANJIR RANCANGAN DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA BENDUNGAN GINTUNG

Rico Sihotang¹
Miftah Hazmi²
Debby Rahmawati³

^{1, 2, 3}Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya 100, Pondok Cina Depok 16424, Indonesia
¹ricosihotang@studentsite.gunadarma.ac.id

Abstrak

Jebolnya Situ Gintung merupakan akibat dari perubahan debit banjir yang terus bertambah. Hal tersebut perlu dianalisis terhadap debit banjir rancangan yang selanjutnya dapat digunakan untuk merencanakan Bendungan Gintung yang baru. Berdasarkan permasalahan di atas, maka perlu dikembangkan perhitungan banjir rancangan dengan metode HSS Nakayasu. Perhitungan dengan menggunakan data hujan. Pada penelitian ini digunakan 18 Pos stasiun penangkap hujan yang diseleksi menurut kelayakan data menjadi 9 pos stasiun hujan dengan memasukan nilai hujan harian maksimum tahunan. Data curah hujan yang disaring memiliki tingkat kepercayaan yang rendah, namun masih masuk ke dalam data aman. Dalam penentuan debit banjir rencana terlebih dahulu dilakukan analisa frekuensi dan penetapan sebaran data curah hujan kemudian diuji dengan chi-kuadrat. Distribusi yang sesuai adalah distribusi Log Pearson Type III. Dari hasil analisa debit banjir rancangan, untuk merencanakan bendungan digunakan debit banjir kala ulang $Q_{1000} = 289,348 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Kata Kunci: Debit Banjir, Hidrograf Satuan, HSS Nakayasu.

PENDAHULUAN

Situ Gintung yang terletak di Kecamatan Ciputat Timur, Tangerang Selatan, Provinsi Banten merupakan danau kecil dengan luas genangan 21,4 ha (2008). Situ Gintung dimanfaatkan sebagai tempat wisata taman dan perairan semenjak tahun 1970-an. Situ ini merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane yang bersumber dari Gunung Salak dan Gunung Pangrango, Kabupaten Bogor (PusAir, 2009). Air limpasan dari Situ Gintung dialirkan melalui saluran sepanjang ±800m menuju kali Pasanggrahan. Pada tanggal 27 Maret 2009 tanggul di sekitar bangunan pelimpah mengalami kelongsoran yang mengakibatkan kerusakan baik pada bangunan *spillway* dan tanggul maupun saluran di hilir situ sampai ke Kali Pasanggrahan.

Jebolnya Situ Gintung disebabkan limpasan air yang tidak bisa ditahan oleh bendungan. Saat terjadi hujan, debit air meningkat, sehingga terjadi pelimpasan air disertai

gerusan air di kaki bendungan secara terus-menerus hingga jebol (Subandrio, 2010). Hal ini membuktikan bahwa debit banjir yang terjadi sudah melebihi kapasitas dari debit perencanaan yang sudah dibuat oleh Pemerintah Belanda pada tahun 1932-1933. Pembangunan rumah dan gedung tanpa daerah resapan, serta penambahan fungsi lahan di areal sungai dapat menyebabkan perubahan debit, sehingga debit banjir yang terjadi sudah berbeda dengan debit banjir yang lama. Oleh karena itu, debit banjir perlu dihitung ulang, dan selanjutnya dapat digunakan sebagai data perhitungan bangunan air seperti *Spillway*. Beberapa data yang diperlukan dalam perencanaan bangunan air dari aspek hidrolis adalah data karakteristik daerah pengaliran, data iklim, dan data curah hujan. Data tersebut selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan debit rencana.

METODE PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

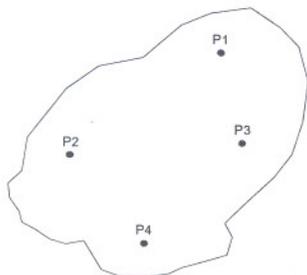
Data yang diperlukan dalam studi ini mencakup data sekunder. Pengumpulan data sekunder merupakan data yang diperoleh dengan tinjauan kepustakaan dan instansional dari instansi-instansi terkait dalam hal ini adalah Lembaga BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika) untuk mendapatkan data curah hujan. Data curah hujan harian dari stasiun hujan, yaitu stasiun Tanjung Priok, BMG, Tangerang, Pakubuno, Depok, Cileduk, Halim, Cengkareng, dan Bekasi. Peta daerah Situ Gintung di dapat pada BBWS (Balai Besar Wilayah Sungai) Ciliwung – Cisadane.

Metode Analisis Hidrologi

Dalam kaitannya dengan studi tentang sumberdaya air, hidrologi mempunyai peranan yang sangat penting. Salah satu faktor yang berperan adalah data hidrologi, kita dapat mengetahui besarnya debit rencana sebagai dasar perencanaan bangunan air. Adapun aspek hidrologi yang perlu dikaji pertama-tama adalah curah hujan daerah rata-rata harian maksimum. Untuk mendapatkan gambaran mengenai distribusi curah hujan di seluruh daerah aliran sungai, maka di berbagai tempat pada suatu daerah aliran sungai tersebut dipasang alat pengukur curah hujan. Untuk menghitung besarnya curah hujan daerah dalam penulisan ini dilakukan dengan metode rerata aritmatik. Rumus Perhitungan Curah Hujan rata-rata adalah:

$$R_n = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

Dimana P₁, P₂, P₃, hingga P_n adalah stasiun yang dilengkapi alat pengukur curah hujan. Contoh stasiun hujan terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Stasiun Hujan di Suatu DAS
 Sumber: Triatmodjo, 2008

Curah hujan rancangan adalah hujan terbesar tahunan dengan suatu kemungkinan tertentu atau hujan dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Dalam analisis curah hujan rancangan dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti Normal, Log Normal, Pearson, Log Pearson Tipe III, dan Gumbel. Dimana syarat-syarat untuk metode tersebut terlihat pada Tabel 1. Uji distribusi probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data analisis. Pengujian distribusi probabilitas dapat dilakukan dengan metode Metode Chi – Kuadrat (χ^2)

Tabel 1. Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3
2	Log Normal	Cs (ln X) ≈ 0 Ck (ln X) ≈ 3
3	Pearson	Cs > 0 Ck = 1,5 Cs ² + 3
4	Log Pearson Type III	Cs (ln X) > 0 Ck (ln X) = 1,54 (Cs(ln X) ² + 3
5	Gumbel	Cs ≈ 1,14 Ck ≈ 5,40

Sumber: Hadidhy, 2010

Untuk memperoleh angka-angka kemungkinan besaran debit banjir pada banjir yang diakibatkan oleh luapan sungai, analisis dilakukan dengan menggunakan data banjir terbesar tahunan atau curah hujan terbesar tahunan yang sudah terjadi. HSS merupakan metode yang tepat untuk menghitung debit banjir karena dari perhitungan HSS akan menghasilkan nilai debit tiap jam dan pada saat hujan mulai turun, waktu puncak banjir hingga akhir banjir, dibanding dengan metode Empiris. Dalam hal ini penulis menggunakan metode HSS Nakayasu. Rencana yang digunakan dalam menghitung debit hujan rancangan dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, 200 tahun, 500 tahun, dan 1000 tahun. Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

$$Q_{max} = \frac{1}{3,6} \times A \times \frac{R_o}{(0,3 \times T_p + T_{0,3})}$$

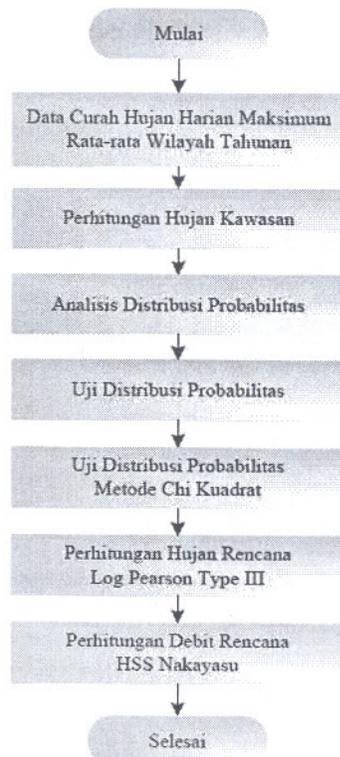
dengan:

$$T_p : T_g + 0,8 \text{ tr}$$

$$T_g : 0,40 + 0,058 \times L, \text{ Untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$T_g : 0,21 \times L^{0,7}, \text{ Untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$T_{0,3} : \alpha \cdot T_g$$



Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan metode aljabar didapatkan curah hujan maksimum rerata daerah DAS Sampean sebagaimana terlihat pada Tabel 2. Dilanjutkan dengan perhitungan Distribusi Probabilitas untuk menentukan kesesuaian metode dengan menyamakan syarat parameter-parameter yang ada. Kesesuaian data curah hujan terhadap jenis sebaran terlihat pada Tabel 3. Perhitungan nilai chi-kuadrat terlihat pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel.4, diperoleh bahwa χ^2 sebesar 5,990 mm, sedangkan χ^2 0,05 sebesar 5,991 mm, dan χ^2 0,01 sebesar 9,210 mm.

Perhitungan hujan rencana dengan metode Log Pearson tipe III dilakukan dengan rumus:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X_r + K \cdot S_d$$

Nilai koefisien K dicari dari tabel frekuensi. Ringkasan hujan rancangan Metode Log Pearson III terlihat pada Tabel 5 sementara hubungan antara curah hujan dengan periode ulang diperlihatkan pada Gambar 3.

Tabel 2. Curah Hujan Maksimum Rerata Daerah

No Urut	Tahun	Maks. (mm)	No Urut	Tahun	Maks. (mm)
1	1987	124,250	10	1992	81,575
2	2002	110,133	11	1993	80,833
3	1986	106,725	12	1994	79,433
4	1997	104,144	13	2001	79,211
5	2003	101,533	14	1989	72,867
6	2005	98,167	14	1991	72,344
7	2004	97,033	14	1990	71,778
8	1998	83,078	14	1999	71,678
9	1988	82,667	14	2000	60,722

Tabel 3. Kesesuaian Data Curah Hujan Terhadap Jenis Sebaran

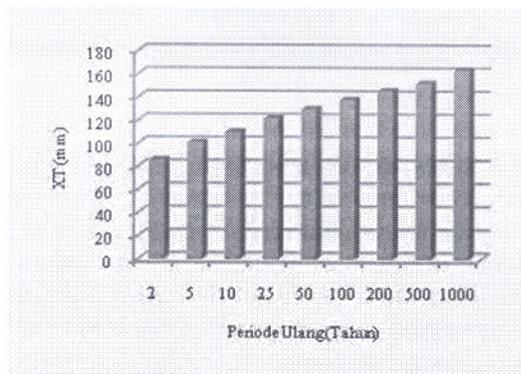
No	Jenis Sebaran	Syarat	Hasil	Ket
1	Normal	$Cs \approx 0$	0,550	Sesuai
		$Ck \approx 3$	3,037	Sesuai
2	Log Normal	$Cs (\ln X) \approx 0$	0,207	Sesuai
		$Ck (\ln X) \approx 3$	2,826	Sesuai
3	Pearson	$Cs > 0$	0,550	Sesuai
		$Ck = 1,5 Cs^2 + 3$	3,037	Sesuai
4	Log Pearson Tipe III	$Cs (\ln X) > 0$	0,207	Sesuai
		$Ck (\ln X) = 1,54 (Cs(\ln X))^2 + 3$	2,826	Sesuai
5	Gumbel	$Cs \approx 1,14$	0,550	Tidak Sesuai
		$Ck \approx 5,40$	3,037	Tidak Sesuai

Tabel 4. Perhitungan Nilai Chi-Kuadrat

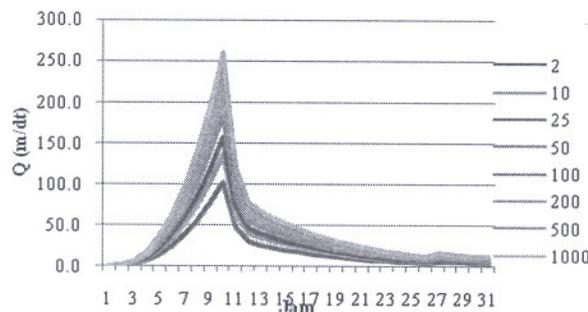
No Kelas Interval	O _i	Luas	E _i	(O _i -E _i)	(O _i -E _i) ²	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
0,000 – 70,575	1	0,1667	3	-2	4	1,330
70,575 – 78,483	3	0,1667	3	0	0	0,000
78,483 – 85,643	6	0,1667	3	3	9	3,000
85,643 – 93,936	1	0,1667	3	-2	4	1,330
93,936 – 103,548	3	0,1667	3	0	0	0,000
103,548 - ~	4	0,1667	3	1	1	0,330
	18	1,0000	18		18	5,990

Tabel 5. Ringkasan Hujan Rancangan Metode Log Pearson III

Perhitungan Logaritmik Hujan Rencana					
Period Ulang (T)	Log X _r	K	S _d	LogT	XT
2	1,936	-0,034	0,082	1,933	85,643
5	1,936	0,829	0,082	2,004	10,815
10	1,936	1,283	0,082	2,041	10,823
25	1,936	1,820	0,082	2,085	121,558
50	1,936	2,163	0,082	2,113	129,679
100	1,936	2,477	0,082	2,139	137,614
200	1,936	2,770	0,082	2,163	145,432
500	1,936	3,001	0,082	2,182	151,911
1000	1,936	3,385	0,082	2,213	163,356



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Curah Hujan dengan Periode Ulang



Gambar 4. Nilai Hujan Rancangan Berbagai Kala Ulang

Tabel 6. Ringkasan Hidrograf Banjir Beberapa Kala Ulang HSS Nakayasu

Periode Ulang	T(jam)	Qmaks (m ³ /dt)
2	9	102,526
5	9	136,505
10	9	157,375
25	9	185,227
50	9	204,898
100	9	224,401
200	9	243,866
500	9	260,175
1000	9	289,348

Perhitungan Debit Banjir

Luas daerah aliran Kali Pasanggraha (A) adalah 3,2 km², Panjang sungai utama adalah 73,68 km, dan Kemiringan dasar sungai rata-rata adalah 0,00125. ebit maksimum terjadi pada jam ke-9. Dengan nilai Qt = 4,162 m³/dt, nilai hujan efektif dapat dihitung dengan persamaan koefisien pengaliran:

$$\alpha = 1 - \frac{3,14}{Rt^{1/3}}$$

$$Re = Rt \cdot \alpha$$

Pada Gambar 4 disajikan nilai hujan rancangan berbagai kala ulang hingga 30 jam.

Nilai debit banjir maksimum terjadi pada jam ke-9. Ringkasan debit banjir HSS Nakayasu dapat dilihat pada Tabel 6.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari uraian hasil analisis dan pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan. Kesimpulan pertama adalah pada analisis distribusi probabilitas hampir menghasilkan kesesuaian pada nilai Cs dan Ck yang diisyaratkan kecuali pada metode Gumbel. Maka dipilih metode Log Pearson Tipe III

karena yang paling lebih mendekati dengan syarat, dimana nilai $C_k = 0,207$, dan $C_s = 2,826$. Kesimpulan kedua, dengan melakukan uji distribusi probabilitas χ^2 terhadap Metode Log Pearson Type III masih memenuhi syarat karena $\chi^2 < \chi^2_{cr}$, yaitu $\chi^2 0,05 = 5,991$, dan $\chi^2 0,01 = 9,210$ mm, sedangkan $\chi^2_{cr} = 5,991$. Sehingga tingkat kepercayaan data masih memenuhi syarat.

Perhitungan debit banjir menggunakan metode HSS lebih tepat digunakan untuk perencanaan bangunan air karena diagram HSS Nakayasu memberikan gambaran mengenai debit ketika awal hujan, saat banjir dan berakhir banjir.

Saran

Penulis menyarankan hati-hati dan teliti dalam melakukan penyaringan data curah hujan, karena kesalahan penyaringan dapat berdampak pada rendahnya tingkat kepercayaan data pada saat dilakukan analisis uji distribusi probabilitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Hadidhy, Habibi El. 2010. *Analisis Pengaruh Bendung terhadap Tanggul Banjir Sungai Ular*. Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara.
- Hadisusanto, Nugroho. 2011. *Aplikasi Hidrologi*. Penerbit Jogja Media Utama. Malang.
- Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Penerbit Garaha Ilmu. Yogyakarta.
- Sosrodarsono, S dan Takeda, K (2003). *Hidrologi untuk Pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Triatmojo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Penerbit Beta Offset. Yogyakarta.